

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 11 月 20 日 (20.11.2003)

PCT

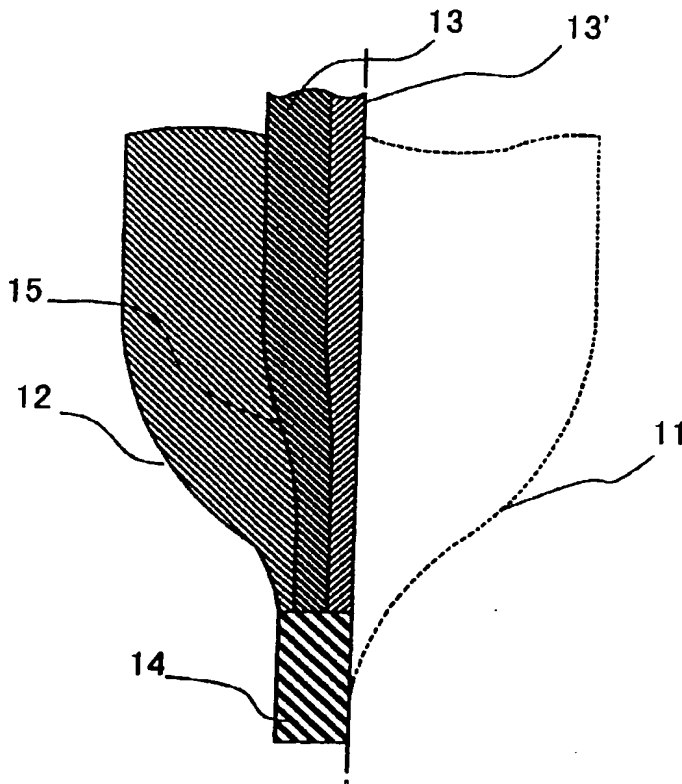
(10) 国際公開番号
WO 03/095379 A1

- (51) 国際特許分類: C03B 37/012, 37/027 特願2002-199165 2002 年 7 月 8 日 (08.07.2002) JP
特願2002-199166 2002 年 7 月 8 日 (08.07.2002) JP
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/05760 特願2002-199167 2002 年 7 月 8 日 (08.07.2002) JP
(22) 国際出願日: 2003 年 5 月 8 日 (08.05.2003) (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 古河電気工業株式会社 (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD) [JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 Tokyo (JP).
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 森平 英也 (MORI-HIRA, Hideya) [JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).
特願2002-134697 2002 年 5 月 9 日 (09.05.2002) JP
特願2002-199163 2002 年 7 月 8 日 (08.07.2002) JP
特願2002-199164 2002 年 7 月 8 日 (08.07.2002) JP
上原 正光 (UEHARA, Masamitsu) [JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF MANUFACTURING OPTICAL FIBER

(54) 発明の名称: 光ファイバの製造方法



(57) Abstract: A method of manufacturing an optical fiber, characterized by comprising the steps of forming a glass body having a core, forming a glass tube constituting a clad portion, inserting the glass body into the glass tube, forming the glass body integrally with the glass tube, finishing at least the extraction side end part of the glass tube in a tapered shape and washing the outer surface of the glass tube, characterized in that a difference between the outer diameter of the glass body and the inner diameter of the glass tube is 1.0 to 10.0 mm, and the inner diameter of a support tube fitted to one end of the glass tube is increased more than that of the glass tube or the extraction side end part of the glass tube is sealed with a tapered part provided at least on the inner surface thereof and a spacer is installed so that a clearance between the outer diameter of the glass body and the inner diameter of the glass tube becomes generally constant in the longitudinal direction.

[続葉有]

WO 03/095379 A1



株式会社内 Tokyo (JP). 神谷 保 (KAMIYA, Tamotsu)
[JP/JP]; 〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目6番
1号 古河電気工業株式会社内 Tokyo (JP).

添付公開書類:
— 国際調査報告書
— 補正書

(74) 代理人: 川和 高穂 (KAWAWA, Takaho); 〒108-0073 東京都港区三田3丁目1-10 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): CN, US.

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を形成する工程と、ガラス体をガラス管に挿入する工程と、ガラス体とガラス管を一体化する工程とを含むことを特徴とする光ファイバの製造方法において、少なくともガラス管の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程を含むことを特徴とする。また、他に、ガラス管の外表面を洗浄する工程を含むこと、ガラス体の外径とガラス管の内径の差が1.0 mm以上10.0 mm以下であること、ガラス管の一方端に取り付けた支持管の内径をガラス管の内径以上とすること、又は、ガラス管の引き出し側端部を少なくとも内面にテーパを設けて封止し、ガラス体の外径とガラス管の内径の間隙が長手方向に渡ってほぼ一定となるようにスペーサーを設けることを特徴とする光ファイバの製造方法。

明 細 書

光ファイバの製造方法

技術分野

本発明は、光ファイバの製造方法、詳しくは通信用光ファイバの製造方法に関する。

背景技術

光ファイバは石英ガラスをベース素材とする。あらかじめ所定の屈折率分布を持った母材（preform）を合成し、これを加熱炉にて溶融軟化させ、細く引き伸ばして紡糸するのが一般的である。母材の合成法としてはMCVD法、VAD法、OVD法などが提案されている。

例えば、図6a)のように、コアを含む中心部となるガラス体（以下コアロッドと呼ぶことがある）これらの製法（図6はVAD法の場合を示す。）で製造しコアロッド61とし、クラッド部としてはガラス管を使用したジャケット管62を用意する。これらをコアロッド支持棒64及びジャケット管支持管63で保持し、図6b)に示すように加熱一体化して母材とする方法が知られている。一体化を線引と同時に実施することも知られている。

線引機の加熱炉は通常、電気炉を用い2000℃以上にする。この中に母材を挿入し先端を加熱溶融し、引き伸ばしていくことにより紡糸する。紡糸が定常状態になると、母材の先端形状は、母材の外径や粘度、加熱炉ヒータによる温度分布、線引速度等によって定まるメニスカスを形成して安定し、得られるファイバ特性も安定する。一体化を線引と同時に実施する場合は、ジャケット管と挿入したコアロッドとの間隙部を例えば、真空ポンプで吸引して減圧すると、メニスカス部分では加熱によりコア材と管が一体化し、細く引き伸ばすことで線引することができる。ところで、上記コアロッドをクラッド部の中空部に挿入するには、例えば、図28で示したような方法が用いられる。すなわち、所定の寸法に加工

したコアロッド 3 5 3 およびジャケット管 3 5 1 を垂直に作動可能な旋盤に固定し、コアロッド 3 5 3 を図 2 8 中の矢印方向に徐々に下げて、ジャケット管 3 5 1 の中空部に挿入する。

しかし線引開始直後は、母材の先端形状がこれと異なっており、紡糸は安定しない。これを改善する目的で事前に先端を前処理加工することが提案されている（特開平 7-3 3 0 3 6 2・特開平 8-3 1 0 8 2 5）。これにより開始直後にファイバ線径が変化したり特性が変化したりする不良が減じ、作業の効率化が達成されている。

しかしながら、先端を円錐形状に加工するのは上述したように効果があるが、母材を合成後に先端加工を行うことは、従来の作業に加えて別途加工を足すことになり、従来なかった工数が発生する。また、加工方法が不適切だと加工中に母材を破損するおそれがある。

さらに加工により母材を汚染する危険があり、ファイバ強度不良の原因になったりする。

母材が大型になると加工装置そのものが大掛かりになり、作業性が悪いばかりでなく、装置設置に懸かる費用も大きくなる。

ところで、光ファイバ作製時の作業環境には、微粒子や油分などの異物が存在することがある。これらの異物が、ジャケット管に付着して表面が汚染されると、そのまま光ファイバ表面に残留することもある。その結果、この部分に応力が集中して光ファイバの強度が弱くなる。そのため、通常、線引前にジャケット管等を洗浄して異物除去を行なう。

上記のジャケット管の洗浄にはいくつかの方法があるが、通常は洗浄液を用いて洗い流す湿式法が用いられる。洗浄液としては、エッチング効果のあるフッ化水素酸水溶液や、界面活性剤溶液が用いられる。洗浄により表面が清浄になって、光ファイバ強度の信頼性が高まる。

ところで、水槽中に洗浄液を満たし、この中にジャケット管を浸漬させ、その後これを取り出して純水槽に移しリンスする洗浄法を用いると、ジャケット管中空部にも洗浄液が入り込むことがある。中空部はリンスが不十分になりがちで洗浄成分が残留しやすい。またフッ化水素酸水溶液を用いた場合には小傷（ビット）が生じることがある。

ジャケット管の中空部が汚染した状態、又は荒れた状態のままで光ファイバにすると、線引途中で外径が変動し、良質な光ファイバが得られない。線引途中、この変動が原因で破断する場合もある。また、光ファイバ強度不足の原因にもなる。これらの不具合は、洗浄後に中空部の清浄化や平坦化を実施すれば防げるが、新たな工数が必要となり、生産性が低下する。また、中空部にコアロッドを挿入した後では、これらの作業を実施することが難しい。

したがって、本発明は、光ファイバを製造するに当たり、母材を線引装置にセットし、先端を熔融して引き伸ばしファイバに紡糸する際、紡糸作業を開始してから安定するまでの間に発生する不良ファイバの長さとその間のロスタイムを短縮することのできる光ファイバ用母材の製造方法を提供することを目的とする。さらに、紡糸されたファイバが十分な強度を有するような光ファイバ用母材の処理方法を提供することを目的とする。

発明の開示

光ファイバの製造方法の第1の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、少なくとも前記ガラス管の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第2の態様は、前記ガラス管の引き出し側端部に加工されるテーパ形状は、光ファイバ線引き時に形成されるメニスカス形状に類似することを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第3の態様は、前記ガラス体とガラス管を加熱一体化する工程は、前記ガラス体と前記ガラス管の先端部を加熱一体化して封止した後、ガラス管内部を減圧しながら光ファイバの線引きと同時にさらにガラス体とガラス管を加熱一体化する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第4の態様は、前記少なくともガラス管に片端をテーパ形状に加工する工程は機械研削工程であって、前記機械研削工程後、研削部を洗浄する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第5の態様は、前記少なくともガラス管に片端をテーパ形状に加工する工程は機械研削工程であって、前記機械研削工程後、研削部を洗浄する工程と、研削部をポリッシュする工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第6の態様は、前記コアを含むガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体と前記ガラス管の加熱一体化が開始される時点で、前記ガラス体のテーパ形状部と前記ガラス管のテーパ形状部は、長さ方向の略同一位置に形成されることを特徴とする光ファイバ用母材の製造方法である。

光ファイバの製造方法の第7の態様は、前記ガラス管を加熱溶融し、引き出し側端部を引き出して細くしたのち前記引き出し側端部の端末を封止する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第8の態様は、前記コアを含むガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程は、前記ガラス体を前記ガラス管に貫通させ、前記ガラス体のテーパ開始部と前記ガラス管の端末の長手方向の位置を略同一にする工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第9の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第10の態様は、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程は前記支持管に栓をして洗浄する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第11の態様は、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程は、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入した後に前記支持管に栓をして洗浄する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第12の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の外表面を洗浄する第一の洗浄工程と、前記第一の洗浄後に前記ガラス管の外表面をラップで覆う工程と、前記ラップで覆う工程後に前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記挿入する工程後に前記ラップを取り除く工程と、前記ラップを取り除いた後、前記ガラス管の開放部に栓をして前記ガラス管の外表面を洗浄する第二の洗浄工程と前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第13の態様は、前記洗浄する工程は、1～20wt%のフッ化水素酸水溶液を用い、前記フッ化水素水で処理した後に純水でリンスし、乾燥させることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第14の態様は、前記洗浄する工程は、電気伝導度が $1\mu\text{A}$ 以下の純水でリンスする工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第15の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、前記ガラス体の外径 (D_1) と前記ガラス管の内径 (d_p) の差 ($d_p - D_1$) が1.0mm以上10.0mm以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第16の態様は、前記ガラス管の一方端に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス体の外径 (D_1) と前記支持管の内径 (d_s) の差 ($d_s - D_1$) が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であって、前記ガラス体の外径 (D_1) と前記ガラス管と前記支持管の取付部の内径 (d_b) の差 ($d_b - D_1$) が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第17の態様は、前記ガラス管の一方端に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記支持管の材質が天然の石英であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第18の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の一方端に支持管を取付ける工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、前記支持管の内径 (d_s) と前記ガラス管の内径 (d_p) は $d_s \geq d_p$ であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第19の態様は、前記支持管の外径 (D_s) と前記ガラス管の外径 (D_p) は $D_s \geq D_p$ であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第20の態様は、前記ガラス管の一方端に支持管を取付ける工程は、溶着によるものであって、溶着部の外径を前記支持管の外径以下に整形する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第21の態様は、前記支持管の材質は天然石英であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第22の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部を少なくとも内面にテーパを設けて封止する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体の外径と前記ガラス管の内径の間隙が一定となるようにスペーサーを設ける工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 23 の態様は、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持棒を取付ける工程をさらに含み、前記スペーサは前記支持棒の外径と前記支持管の内径の間隙に設けることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 24 の態様は、引き出し側は前記ガラス管の内面に設けられたテーパに前記ガラス体の先端を突き当てて調芯し、引き出し側と反対の側は前記スペーサを用いて調芯して前記ガラス体と前記ガラス管を同心円状に配置することを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 25 の態様は、前記スペーサーを設ける工程は前記ガラス体をガラス管に挿入する工程の後に行うことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 26 の態様は、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 27 の態様は、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含み、前記支持棒は前記スペーサに係止するための係止部を備えることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 28 の態様は、前記スペーサーの材質は石英であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 29 の態様は、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管の内部を減圧できるようにガス抜き孔を有することを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第 30 の態様は、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管の内部を減圧できるように放射状に設けたスリ

ット状の多数のガス抜き孔を前記開口部周辺に有することを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第31の態様は、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管の内部を減圧できるように複数の小孔からなるガス抜き孔を有することを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第32の態様は、前記ガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体に設けられたテーパは前記ガラス管内面のテーパより急であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第33の態様は、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、少なくとも前記ガラス管の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、さらに製造された光ファイバの1385nm波長における伝送損失が0.4dB/km又はそれ以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

光ファイバの製造方法の第34の態様は、さらに前記ガラス管がOH基濃度が100ppm以下である合成石英からなることを特徴とする光ファイバの製造方法である。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の一実施例における線引母材の先端形状を断面図で示す説明図である。

第2図は、VAD法によるコアスートの製造方法を示す説明図である。

第3図は、本発明の一実施例における先端外削工程を断面図で示す説明図である。

第4図は、本発明の一実施例におけるジャケット工程を断面図で示す説明図である。

第5図は、本発明の一実施例におけるコーン状研削封止棒挿入を断面図で示す

説明図である。

第6図は、従来技術について、a) コアロッドとジャケット管の溶着前の状態を、b) 母材とジャケット管が一体になった後の形状例を断面図で示す説明図である。

第7図は、実施例1におけるジャケット管及び母材の形状の変化を断面図で示す説明図であり、図7 a) は一体化前の母材及びジャケット管を、図7 b) は母材とジャケット管が一体になった後の形状例を示す説明図である。

第8図は、実施例2を施す前後でのコアロッド及びジャケット管の形状の変化を断面図で示す説明図であり、図8 a) はコアロッドとジャケット管の溶着前の状態を、図8 b) は溶着後の母材形状を示す説明図である。

第9図は、実施例3を施す前後でのコアロッド及びジャケット管の形状の変化を断面図で示す説明図であり、図9 a) はコアロッドとジャケット管の溶着前の状態を、図9 b) は溶着後の母材形状を示す説明図である。

第10図は、実施例4を施す前後でのコアロッド及びジャケット管の形状の変化を断面図で示す説明図であり、図10 a) はコアロッドとジャケット管の溶着前の状態を、図10 b) は先端溶着後のジャケット管形状を、図10 c) は線引時の状態を示す図である。

第11図は、VAD法の概略図である。

第12図は、本発明の一実施例における母材断面の寸法比である。

第13図は、栓をした支持管つきジャケット管の概略図である。

第14図は、ジャケット管洗浄工程である。

第15図は、ジャケット管へのコアロッドの挿入状況を示した図である。

第16図は、ジャケット管の支持管にキャップをした図である。

第17図は、コアロッドをジャケット管に挿入した概略図である。

第18図は、コアロッド外径とジャケット管内径の差と偏心量との関係を示した図である。

第19図は、コアロッドをジャケット管に挿入する際の概略図である。

第20図は、コアロッドをジャケット管に挿入した概略図である。

第21図は、ジャケット管にコアロッドを挿入した、本発明の一実施形態を示

した略図である。

第２２図は、ジャケット管にコアロッドを挿入した、本発明の別の一実施形態を示した略図である。

第２３図は、ジャケット管にコアロッドを挿入した、先行技術例を示した略図である。

第２４図は、ジャケット管にコアロッドを挿入する、本発明の一実施形態を示した略図である。

第２５図は、ジャケット管にコアロッドを挿入した、本発明の一実施形態を示した略図である。

第２６図は、合成石英管にコアロッドを挿入し、スペーサを挿入した本発明の一実施形態を示した略図である。

第２７図は、スペーサ形状例を示した略図である。

第２８図は、従来技術による、ジャケット管にコアロッドを挿入する概略図である。

第２９図は、他のコアロッドとジャケット管の溶着前の状態を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明の製造方法は、合成された母材の線引開始端を加工成形するのではなく、合成時にあらかじめ理想的な先端形状となるように母材を作製することで、先端加工に伴う作業を省略し、それに伴う不具合や費用の発生を抑制することができる。

以下、必要に応じ図面に基づいて説明しているが、図面は本発明の好ましい態様の一例であり、本発明はこれに限定されない。

通常、線引装置は鉛直に炉、樹脂コータ、樹脂硬化装置、引き取りキャプスタンが配置されている。炉でガラスを溶融し、キャプスタンで連続して引き取る。開始時はガラスを引き出さねばならないので、母材を炉に入れて昇温し先端部が軟化し重力で落ちて来るのを受け止める。

そのため、図 1 に示すように、母材の開始端は円錐状に絞った先端に錘 1 4 が付いた形状が望ましい。

また、母材の先端形状 1 2 (円錐形状) は、線引時に形成されるメニスカス 1 1 (参考のため併記した。) に類似していることが有利であり、本発明におけるテーパ形状研削は、このようなメニスカス形状に類似するように行う。

本発明における母材の製法上の特徴として、二段階に分けて実施する方法を選択した。これによりコア部を含むガラス体と全てクラッド部であるガラス体を独立に製造するので、クラッド部付与工程で端末加工を実行しても、コア合成時に屈折率プロファイルを適切に調整して良好なファイバ特性を得ることが独立に実施され、生産性を悪化させることもない。

上記全てクラッド部であるガラス体として例えば、合成石英が挙げられる。このような全てクラッド部であるガラス体からなる層を、コア部を含むガラス体に付与する方法として、ガラス管 (例えば石英管) の中にコア部を含むガラス体を挿入し加熱一体化するジャケット法 (下記 1)) や、この一体化を線引と同時に実施する方法 (下記 2)) を用いることができる。どちらの方法でも棒状のガラス体の外部にクラッドを構成するガラス体からなる層を付与することができる。

1) ジャケット法

通常、ジャケットに使用されるガラス管 (以下、ジャケット管ともいう。)、例えば石英管は、中空のインゴットを管形状に成形し、これを引き伸ばし、所望の長さに両端をカッターで切断して得られる。そこで中空インゴット管あるいは引き伸ばした管を使用する際は、通常その両端は円筒形をしている。この内に棒状のコアロッドを入れ、外部から加熱してコラプスし一体化する。その結果として有効部の端末はシャープな円筒形になっている。これをバーナで加熱しながら引き伸ばす火加工、あるいは電気炉で加熱して引き伸ばす炉加工を行うと上述の線引開始直後は紡糸が安定しないという問題が発生する。

2) 線引時同時一体化方法

通常、線引時同時一体化方法で用いるジャケット管も上述したように両端部がシャープな円筒になっており、上記と同様な問題がある。線引時同時一体化方法ではそれ以外に内部を減圧する目的で管の先端をあらかじめ封止する必要がある。ジャケット管の内部にコア材を挿入した後に管を加熱収縮させて溶着させる方法を用いると、効率良く先端をテーパ加工することが難しい。

本発明は上述のジャケット法及び／又は線引時同時一体化方法に適用することができる。

本発明においては、ジャケット前に管の端末部の外側をテーパ状にする。テーパ加工は機械的に研削する。これにより効率良くテーパを成形することができる。

機械研削すると、研磨材やガラス粉が母材表面に付着することがあり、後でファイバ化すると、この部分で外径変動が生じたり、強度不足が認められたりするので、研削部を洗浄することが好ましい。また加工部の表面は滑らかな方が線引開始時にファイバ外径が早く安定するので好ましい。

別の方法として、予め引き出し側端部をテーパ状に加工したジャケット管を加熱延伸して収縮とテーパ状伸びを与えることで、封止作業とテーパ加工を同時に行うことも、有効である。特に長い管の中心部を加熱し、徐々に引き伸ばす方法を用いると一度に2本の管加工が出来、効率的であるため好ましい。

なお、いずれの場合でも、加熱収縮によりテーパ状となる部分に相当するコアロッドの先端部も予め先端に向け細くなるように加工すると、加工しない場合に比べより早く線径は安定するため好ましい。これはコアとクラッドの比率が平行部での値に近くなるためである。理想的にはコアとクラッドの比率をメニスカス加工部全てで一定になるようにするのが良いが、コアロッドの先端部分を円錐状に削って近似せしめても効果がある。特にテーパを付け始める付近で近似を強めるのが効果的であるが、この理由としては口出し部において実質的にファイバを得るのは、この付近からとなるためである。

なお、図 29 に示すようにジャケット管のテーパ部とコアロッドのテーパ部が長手方法で離れている場合にはコアロッドのテーパ部とジャケット管内面のクリアランスが過大となり溶着が上手くできない場合がある。その場合は図 8 に示すようにジャケット管とコアロッドの一体化が開始される時点でコアロッドのテーパ形状と、ジャケット管のテーパ形状は長さ方向の略同一位置に形成されることがクリアランスが過大となるのを防止する上で好ましい。

また、コアロッドとジャケット管のテーパ部の位置が長さ方向で略一致するように保持するために、図 9 (a) に示すようにジャケット管封止棒 95 のような保持部材を用いることもできる。

更に、本発明は、コアロッドを形成し、別に製造したジャケット管の中空部に前記コアロッドを挿入し、先端部を加熱して前記コアロッドと前記ジャケット管を一体化しながら線引して光ファイバを製造する際に、前記ジャケット管の製造から前記線引までの間に、前記ジャケット管の外表面のみを洗浄する工程を一工程以上設けたことを特徴とする光ファイバ母材の洗浄方法である。

本発明によれば、母材を線引装置にセットし、先端を溶融して引き伸ばし光ファイバに紡糸する際、得られた光ファイバの寸法特性と強度を良好に保つことができる。すなわち、母材を洗浄することで線引後の光ファイバ強度を良好とできる。

ところで、コア部とクラッド部を線引するまで離れたままとする場合、隙間に洗浄液が侵入すると、線引時に光ファイバの外径が変動して良質な光ファイバが得られない。そのため、洗浄時には栓をして、洗浄液が、例えば中空部に侵入しないようにする。また、本発明によれば、ハンドリング中に石英管の中空部に異物が混入することによる不具合も防ぐことができる。

本発明では、ジャケット管の一方端を封止し、他方端にハンドリング用の石英製支持管を溶着後、前記石英製支持管に栓をして前記ジャケット管の中空部に洗

浄液が浸入しないようにして洗浄する。

例えば、両端が開放状態の場合に外表面のみを洗浄しようとする、洗浄液に浸漬する方法は用いることができない。そのため、外側から洗浄液をかけることになるが、液滴が飛散して内部に入る可能性がある。管の片端を封止した場合は垂直に管を設置し、洗浄液中に必要な洗浄部位まで浸すことで管内部への液の浸入を防ぐことは可能であるが、洗浄液が管内に溢れ込まないように液面を管理する必要がある。液をかける方法でも同様の上記の問題がある。

ところで、開放部を予め栓で塞いでおけば、内部への液浸入は簡単に防ぐことができ、管の取り扱いも容易になる。併せて、管内部への他の異物混入も防ぐことができる。

すなわち、図 1 3 で示したように、得られたジャケット管 2 3 1 の先端を封止していない側に、石英製の支持管 2 3 3 を溶着させる。支持管 2 3 3 の形状は、例えば旋盤チャックにかんだ場合に不要な歪みがかからないような、実質的に平滑で長手方向の外径変動が小さい、望ましくは $\pm 1 \text{ mm}/1 \text{ m}$ 程度の石英管であって、真空ポンプへの結合や、線引炉への取り付けを考慮した端面形状を持つものであり、寸法はジャケット管の外径とほぼ同じ外径を有し、ジャケット管の内径より大きい内径を有することが望ましい。支持管 2 3 3 の開口部には、栓 2 3 5、例えば、シリコンゴム製の栓 2 3 5 がされている。

次に、図 1 4 (a) に示すように、支持管 2 3 3 の開口部に栓 2 3 5 をしたジャケット管 2 3 1 を、フッ化水素酸水溶液 2 4 1 を満たした槽 2 4 3 に浸漬する。次に、図 1 4 (b) に示すように、純水 2 4 5 を入れた槽 2 4 7 に移し入れ、粗洗いする。次に、図 1 4 (c) に示すように、純水のシャワー 2 4 9 を用いてリンスし、圧縮空気水滴を吹き飛ばした後、風乾する。

本実施の形態では、ジャケット管 2 3 1 の開放端に栓 2 3 5 をして内部に洗浄液が入らないようにし、外表面のみを洗浄することで、ファイバ強度の信頼性を高めつつ線引工程にて不具合が発生することを抑制できる。

本発明では、洗浄には、1～20wt%のフッ化水素酸水溶液を用い、前記フッ化水素酸水溶液で処理した後に純水でリンスし、乾燥させる。汚染が軽微な場合は純水洗浄のみでも効果がある。

なお、洗浄工程で使用する純水は、例えばイオン交換法によって電気伝導度を1 μ A以下に保った状態で精製した純水を用いることが望ましい。

本発明では、洗浄の後に前記ジャケット管の外表面を保護ラップで覆い、その状態でジャケット管の中空部にコアロッドを挿入後にラップを取り除き、栓をして前記ジャケット管の中空部に洗浄液が浸入しないようにして、さらに洗浄する。すなわち、洗浄後に、ジャケット管をラップで表面を覆っておけば、新たな表面汚染は軽微になり、コアロッドの挿入時や搬送時等の作業中の汚染を防ぐことができる。

しかし、ラップに付着した異物等による汚染の可能性があるので、極めて高い純度の表面が要求される線引工程では、線引開始前に洗浄するのが良い。

さらに、本発明では、ジャケット管の片端を封止し、反対端にハンドリング用の石英製支持管を溶着後、前記ジャケット管の中空部にコアロッドを挿入し、挿入後に前記石英製支持管に栓をして前記ジャケット管の中空部に洗浄液が侵入しないようにして洗浄する。

例えば、図15で示したように、所定の寸法に加工したコアロッド251の片端に支持棒253を取りつける。コアロッド251の支持棒253は、垂直に作動可能な旋盤にチャック255で固定する。ジャケット管231の支持管233は、チャック257で固定する。そして、コアロッド251は図15中の矢印方向に徐々に下げて、ジャケット管231の開口部に挿入する。

次に、例えば、図16に示すように、コアロッド251を挿入したジャケット管231を旋盤から外し、支持管233の挿入端にキャップ259を被せる。次

に、前述と同じように、フッ化水素酸水溶液に浸漬する。次に、純水を入れた槽に移し入れ、粗洗いし、最後に、純水のシャワーを用いてリンスし、圧縮空気で水滴を吹き飛ばした後、風乾する。なお、挿入作業時において、著しい管表面の汚染が認められない場合は純水シャワーと乾燥のみとしても良い。

洗浄後に、ジャケット管をラップで表面を覆っておけば、新たな表面汚染は軽微になり、コアロッドの挿入時や搬送時等の作業中の汚染を防ぐことができる。しかし、ラップに付着した異物等による汚染の可能性があるので、極めて高い純度の表面が要求される線引工程では、線引開始前に洗浄するのが良い。

なお、本発明では、図13で示した洗浄の形態、図16で示した洗浄の形態は、それぞれ単独で実施しても良く、図13の形態の後に図16の形態を実施しても良いことはもちろんである。

更に、本発明は、コアロッドを形成し、別に製造したジャケット管の中空部に前記コアロッドを挿入し、先端部を加熱して前記コアロッドと前記ジャケット管を一体化しながら線引して光ファイバを製造する際に、前記コアロッドの外径と前記ジャケット管の内径との差を1.0mm～10.0mmとして前記コアロッドを前記ジャケット管に挿入することを特徴とする光ファイバ母材の製造方法である。

本発明によれば、光ファイバを製造するにあたり、コアロッドを製造し、さらにクラッドに相当する部分にジャケット管を使用し、これらを加熱一体化と線引を同時に実施する際に、コアロッドをジャケット管に挿入する作業時に生じる傷等による歩留減を抑制できる。

本発明によれば、コアロッドの外径とジャケット管の内径との差を1.0mm～10.0mmとすることにより、挿入作業中のコアロッド材外表面とジャケット管内壁とが擦れ合って生じる傷を減らすことができる。また、ファイバ化した際のコア偏心を抑制できる。

図15には、上述したように、コアロッドをジャケット管に挿入させる場合の略図を示した。図中、矢印が挿入方向である。ジャケット管の内側は、表面に異物の付着がなく、平滑に維持される。ジャケット管はガラス加工施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して一方端を封止し、封止していない側に石英製の支持管を溶着する。

また、本発明は、ジャケット管と支持管の端部を酸素／水素火炎を用いて加熱溶融し、溶融した端部同士を押しつけて溶着し、溶着された溶着部の内側を、コアロッドの外径とジャケット管の内径との差が1.0mm～10.0mmとなるように整形する。この整形は例えば鋺を用いて行われる。

すなわち、ジャケット管と前記支持管の端部を酸素／水素火炎を用いて加熱し、両端末を押しつけて溶着接続し、さらに溶着部の内側を、コアロッドの外径とジャケット管の内径との差が1.0mm～10.0mmとなるように鋺を用いて整形することが望ましい。この整形により、コアロッドをジャケット管に挿入する際に、互いに擦れ合って生じる傷を減らすことができる。

また、本発明は、支持管の材質が天然石英であることが望ましい。天然石英を用いることにより製造コストを低減できる。

図17には、上述したように、コアロッド335をジャケット管331に挿入した状態を示した。ところで、ジャケット管331の外径と内径の比率は所定のファイバ特性を得るためにコアロッドの屈折率分布特性から規定される。

挿入に際して、ジャケット管331やコアロッド335が曲っていたり、傾いていると、コアロッド335がジャケット管内壁をこする可能性がある。隙間が小さいほど、またコアロッドやジャケット管が長いほどこの危険が増す。この危険性を下げるために、コアロッドとジャケット管との隙間を1.0mm～10.0mmの範囲とする。

なお、1.0mm～10.0mmの範囲を確保するため、コアロッドとジャケ

ット管との隙間が所定の寸法となるようにコアロッドとジャケット管の寸法をあらかじめ調整したものを用いることが望ましい。

本発明ではコアロッド外径 3.41 とジャケット管内径 3.43 との寸法差を 1.0 mm～10.0 mm として、コアロッド 3.35 をジャケット管 3.31 の中空部に挿入する。

図 18 には、コアロッドの外径とジャケット管の内径との差（隙間）を変化させてコア偏芯量を求めた結果を示した。差（隙間）が大きくなるとともに、コア偏芯量も大きくなることがわかる。

この隙間は 1 mm 未満では、挿入の際に傷等を発生させるために効果がない。また、隙間を 10 mm を超えて設けてもファイバ化した際にコア偏心量が大きくなる傾向があり望ましくない。コアロッドはジャケット管にほぼ平行となるように挿入されるので、隙間の寸法は平行部の何れで測っても数値範囲内であればかまわない。

更に、本発明は、コアロッドと、前記コアロッドを中空部に挿入するジャケット管とで構成される光ファイバ用母材の先端部を加熱溶融し、前記コアロッドと前記ジャケット管を一体化しながら線引して光ファイバを製造する際に、前記ジャケット管の一方端に前記ジャケット管の内径より大きい内径を有する支持管を設けて、前記コアロッドを前記ジャケット管に挿入することを特徴とする光ファイバ母材の支持方法である。

本発明によれば、光ファイバを製造するにあたり、コアロッドを含む中心部を製造し、さらにクラッドに相当する部分にジャケット管を使用し、これらを加熱一体化する方法でかつ一体化を線引と同時に実施する際に、コアロッド材をジャケット管に挿入する作業効率を高めることができる。さらに、母材を線引装置にセットし、先端を溶融して引き伸ばしファイバに紡糸する際、得られたファイバの寸法特性を良好に保つことができる。

また、ハンドリングを容易にする為、ジャケット管に支持管を取り付けることとし、支持管の内径をジャケット管に求められる内径より大きくすることで、挿入作業中のコアロッド外表面とジャケット管内壁が当たって、傷が発生する危険を減らす効果がある。また、コアロッドに取り付ける支持棒が短くても、把持治具が邪魔にならずにジャケット管の中までコアロッドを挿入できる。その結果、挿入後にロッドの支持棒が管から飛び出すことがなく、ハンドリングが容易となる。

線引にはカーボン抵抗炉を使用するのが一般的であるが、高温で酸素が混入すると炉材と反応して燃焼する。そのため、空気の浸入を防ぐために不活性ガスを流す。一般的に、線引終了側のジャケット管の端部は、ジャケット管の把持用に接続した支持部に接続する。ところが、支持部が炉内に入り始め外径が大きく変動すると、炉内の圧力が急激に変動する。そのため、ガス流が乱れて熱分布が不安定となり、ファイバの外径が変動してしまう。

本発明は、これを防ぐため、ジャケット管と支持管の外径を合わせることに特徴がある。あらかじめ、外径を合わせておいても、接続時に肉が盛り上がり、この部分の径が変動する可能性があるので、火加工、機械加工などで整形することが望ましい。

付帯効果として、支持管の肉厚が薄くなり、重量が減る。そのため、購入コストが下がり、ハンドリングも有利になる。材料を天然石英とすれば、さらにコストを下げられる。また、コアロッドの支持棒の寸法も短くなるので、同様なコスト低減効果がある。

図19および図20には、本発明によるコアロッドを石英管に挿入する場合の略図を示した。図19中の矢印は、挿入方向を示したものである。ところで、ジャケット管の外径と内径の比率は所定のファイバ特性を得るためにコアロッドの屈折率分布特性から規定される。通常、ジャケット管431の内径よりコアロッド435の外径は細い。

コアロッド435をジャケット管431に挿入する場合、ジャケット管431やコアロッド435が曲がっていたり、傾いていると、コアロッド45がジャケット管431の内壁を擦る可能性がある。隙間が小さいほど、またコアロッド435やジャケット管431が長いほど擦る可能性が増す。

ところで、支持管432の内径はファイバ特性に直接影響することがない。そのため、支持管432の内径をジャケット管431の内径より大きくすることで、挿入作業中にコアロッド外表面とジャケット管内壁が接触する危険性を減らすことができる。さらに、作業が容易になるので時間を短縮できる。

また、支持管432の内径を大きくできるので、コアロッド435の支持棒436の把持治具437も支持管432の内側にまで挿入でき、ジャケット管431の内側にまで支持棒436を含めたコアロッド435を挿入できるので、挿入後にコアロッドの支持棒436が管から出ることがなく、以後の操作が容易となる。

また、支持管432の外径はジャケット管431の外径と同じか、又はやや小さい寸法とする。そのため、ファイバー線引の終了側で支持管432が炉内に入り始める箇所が炉内ガス流を乱すこともなくなる。その結果、ファイバ外径の変動を防ぐことができる。

なお、あらかじめ、ジャケット管431の外径と支持管432の外径を同じとしても、接続時に肉が盛り上がってしまい、この部分の径が変動することがある。そのため、接続後に盛り上がった部分を平坦に整形することが望ましい。

また、支持管432の内径を大きくすることにより、支持管432の肉厚を薄くすることができる。その結果、支持管432の重量が減るので、コストが下がり、ハンドリングも有利になる。

また、本発明は、支持管の材質が天然石英であることを特徴とする。材質を天然石英とすれば、さらにコストを下げることができる。さらに本発明ではロッ

ドの支持棒も短尺にできるので重量減となり、コスト低減効果がある。

図 19 および図 20 を用いて、さらに説明する。ジャケット管 431 の内側は、表面に異物の付着がなく、平滑に維持される。石英管はガラス加工施盤にセットし、一方端に石英製の支持管 432 が溶着される。

また、本発明は、ジャケット管と支持管の端部が酸素／水素火炎で加熱溶融され、溶融された端部同士が押し付けられて溶着されており、溶着された溶着部の外径がジャケット管の外径とほぼ等しくなるように鋺を用いて整形する。

すなわち、ジャケット管と支持管の端部を酸素／水素火炎にて加熱し、両端末を押し付けて溶着接続し、さらに溶着部の外径は管と概ね等しくなるよう鋺を用いて整形することが望ましい。

本発明によれば、光ファイバを製造するに当たり、母材を線引装置にセットし、先端を溶融して引き伸ばしファイバに紡糸する際、紡糸作業を開始してから安定するまでに必要な時間と、その間に発生する不良ファイバの長さを短縮することができる。

本発明は、光ファイバ用母材の先端部を線引機の加熱炉内で一体化し、ついで、先端部を引き伸ばして、線引を開始することが望ましい。すなわち、本発明では、コアロッドとクラッド部であるジャケット管を独立に製造する。合成石英製のクラッド層を付与するべく、ジャケット管の中にコアロッドを挿入し、先端部の一体化を線引装置で口出前に実施する。そのため、コストダウンが図れる。

また、ジャケット管の中空部にコアロッドを挿入した母材の線引開始端を、あらかじめ理想的な先端形状に加工しているので、線引での口出しが容易となる。かつ、ジャケット管中空部の形状とコアロッドの先端形状を最適化して、線引開始時の不具合を抑制することができる。

ところで、線引装置は垂直に炉、樹脂コータ、樹脂硬化装置、引き取りキャプスタンが配置されている。炉でガラスを溶融し、キャプスタンで連続して引き取

る。線引開始時はガラスを引き出す必要があり、母材を炉に入れて昇温し、先端部が軟化し重力によって自然落下してきたものを受け止める。そのため、開始端は円錐状に絞った先端に重りが付いた形状が望ましい。

例えば、図 2 1 には本発明の実施形態例を示した。図 2 1 では、先端部にテーパを形成したコアロッド 5 3 3 と、テーパ 5 3 5 を形成したジャケット管 5 3 1 を示した。また、ジャケット管 5 3 1 の先端には、加熱形成されるメニスカス部 5 3 9 を示した。ジャケット管 5 3 1 の端末部をテーパ状にして封止すると、口出し時に線引きが早く安定するので、線引きが安定して良品ファイバとなるまでの不良ファイバを少なくすることができる。

また、ジャケット管 5 3 1 を加熱延伸して収縮させるとともに、テーパ状伸びを与えることで、封止作業とテーパ加工を同時に行うことが望ましい。また、コアロッド 5 3 3 も、先端に向け細くなるように加工すると、加工しない場合に比べ、コアとクラッドの比率が平行部の値に近くなって、より早く特性が安定する。

更に、本発明は、コアロッドと、前記コアロッドを中空部に挿入するジャケット管とで構成される光ファイバ用母材の先端部を加熱一体化し、ついで、前記光ファイバ母材と挿入されたコアロッドとの間隙を減圧しながら加熱一体化と線引を同時に行って光ファイバを製造する際に、前記ジャケット管の先端部が細くなるようにテーパを設けて封止し、また、前記コアロッドの先端部が細くなるようにテーパを設けるとともに、スペーサを設けて前記ジャケット管と前記コアロッドとを同心円状に配置することを特徴とする光ファイバ母材の調芯方法である。

本発明によれば、光ファイバを製造するにあたり、コアロッドを含む中心部を製造し、さらにクラッド部に相当する部分にジャケット管を使用し、これらを加熱して一体化と同時に線引する際に、コアロッドをジャケット管に挿入後に同心円状に配置することで、得られたファイバのコアロッドの偏芯を小さくすることができる。

本発明によれば、コアロッド材をジャケット管に挿入した後、調芯してコアロッドをジャケット管の中心に配置させ、線引後のファイバの寸法特性を良好に保

つことができる。

ところで、ジャケット管の外径と内径の比率は所定のファイバ特性を得るためにコアの屈折率分布特性から規定される。当然、ジャケット管の内径よりコアロッド外径は細い。従って、挿入に際してジャケット管やコアロッドが曲がったり、傾いていると、ファイバコアは偏芯する。

光ファイバーの線引装置は、垂直に炉、樹脂コータ、樹脂硬化装置、引き取りキャプスタンが配置されている。炉でガラスを溶融し、キャプスタンで連続して引き取る。線引装置は垂直に配置されているので、母材も垂直に炉内に挿入する。そのため、ジャケット管に固定されていない状態のコアロッドは、ジャケット管の封止端内側で受け止められる。

図 2 4 には本発明の実施形態例を示した。図 2 4 は、本実施の形態において、コアロッドをジャケット管に挿入する際について示したものである。図 2 5 は、コアロッドを挿入したものである。図 2 4、図 2 5 において、先端部にテーパ 6 3 6 を形成したコアロッド 6 3 5 と、テーパ 6 3 2 を形成したジャケット管 6 3 1 を示した。上述のように、線引装置は垂直に配置されており、母材も垂直に炉内に挿入するので、ジャケット管 6 3 1 に固定されていないコアロッド 6 3 5 は、封止されたジャケット管の先端部の接触部 6 4 1 で接触する。

本発明では、ジャケット管 6 3 1 の先端部にはテーパ 6 3 2 を設け、コアロッド 6 3 5 の先端部にはテーパ 6 3 6 を設け、テーパ部においてジャケット管 6 3 1 とコアロッド 6 3 5 が接触部 6 4 1 で接触するようにする。すると、コアロッド 6 3 5 の長手方向の中心軸とジャケット管 6 3 1 の長手方向の中心軸とを一致させることができる。

上端部分については、コアロッド 6 3 5 の長手方向の中心軸がジャケット管 6 3 1 の長手方向の中心軸に一致させるように、スペーサを用いる。スペーサを用

いることで、ジャケット管 631 の全長にわたって、コアロッド 635 は中心部に位置し、ファイバコアの偏芯は極めて小さくできる。

本発明では、ジャケット管 631 の先端部が細くなるようにテーパ 632 を設けて封止し、また、コアロッド 635 の先端部が細くなるようにテーパ 636 を設けるとともに、スペーサを設けてジャケット管 635 とコアロッド 635 との断面形状が同心円状となるようにする。すなわち、円筒状のジャケット管 631 と円柱状のコアロッド 635 とのそれぞれの長手方向の中心軸を一致させることにより、ジャケット管 635 とコアロッド 635 との横断面形状は同心円状となる。同心円状に配置することにより、ファイバコアの偏芯は極めて小さくできる。

本発明では、ジャケット管 631 のテーパを設けた先端部の反対端には石英製の支持管 633 を設け、コアロッド 635 のテーパを設けた先端部の反対端には石英製の支持棒 638 を設け、支持管 633 と支持棒 638 との間にスペーサを設ける。

図 25 を用いて説明する。コアロッド 635 上端とジャケット管 631 上端との隙間に楔状のスペーサを差込み、ジャケット管上口で固定しても、中心軸を合わせて断面形状を同心円状に配置できる。ところが、母材部をできるかぎりファイバに利用しようとする、ジャケット管 631 には支持管 633 を、コアロッド 635 には支持棒 638 を取り付けて、芯を一致させることが望ましい。

この場合、ジャケット管 631 とその支持管 633、及びコアロッド 635 とその支持棒 638 はそれぞれ中心軸を一致させる必要がある。そのため、本発明では、支持管 633 の内周とジャケット管 631 の内周とを同心円状に配置し、コアロッド 635 の外周と支持棒 638 の外周とを同心円状に配置して、支持管 633 の内周に対しコアロッド 635 又は支持棒 638 の外周が同心円に配置できるようにスペーサを設ける。

本発明では、コアロッド635には、支持棒638のほかに、スペーサに係止するため支持棒638の外径より大きく、コアロッド635の外径にほぼ等しい径の支持棒基部637を支持棒638と同軸となるように設ける。もちろん、支持棒基部637を設けなくて、支持棒638を直接コアロッドに接合しても良い。また、スペーサを支持棒に係止する方法は支持棒にテーパ部を設け、スペーサの開口部に係止させるなど種々のものが適用できる。

図26には、本実施の形態における、スペーサの挿入例を示した。スペーサ651は、ジャケット管631に設けた支持管633の内側で、スペーサ651に設けた貫通孔にコアロッド635の支持棒638を通して支持棒基部637の先端にまで挿入する。これにより、ジャケット管631とコアロッド635の長手方向の中心軸が一致して、同心円状に配設できる。

図27には、本実施の形態に用いるスペーサの例を示した。スペーサ661には、中心に支持棒を通すために、支持棒の外径とほぼ等しい径の、円形状の開口663が設けられている。スペーサ661の外径は、ジャケット管の内側に挿入されるため、支持管の内径にほぼ等しい径の円形状である。スペーサ661の厚みは、例えば本実施の形態では10mmであるが、実質的に本特許の目的を達成できる限り、厚みは自由に設定して構わない。

また、線引の際には、ジャケット管の中空部から空気を抜く必要があるため、孔を設ける必要がある。孔665は、図27(a)、図27(b)のように、複数個の円形状や、複数個の楕円形状があるが、必要な孔面積が得られれば形状等にこだわる必要はない。材質は、線引き時に高温に曝されるので、耐熱性に優れる石英ガラスが望ましい。

更に、本発明は、コアロッドと、前記コアロッドを中空部に挿入するジャケット管とで構成される光ファイバ用母材の先端部を加熱一体化し、ついで、前記コアロッドと前記ジャケット管との間隙を減圧しながら加熱一体化と線引を同時に

行って光ファイバを製造する際に、前記ジャケット管の先端部が細くなるようにテーパを設けて封止し、また、前記コアロッドの先端部が細くなるようにテーパを設けるとともに、前記ジャケット管先端部と前記コアロッド先端部とが接触するまでに前記コアロッドの先端部に設けるテーパは前記ジャケット管の先端部に設けるテーパより緩くなるように設けることを特徴とする光ファイバ母材の先端加工方法である。

線引装置は垂直に配置されており、母材も垂直に炉内に挿入することになるので、ジャケット管 531 に固定されていないコアロッド 533 は重力で封止された管の底部に接している。加熱してこの部分が最初に溶着してから、線引を行う。そのために本発明では、図 22 に示すようにジャケット管 531 の先端部とコアロッド 533 の先端部とが接触部 537 で接触するまでにコアロッドの先端部に設けるテーパは、ジャケット管 531 の先端部に設けるテーパ 535 より緩くなるように設けることが望ましい。なお、ここで言うテーパは、テーパの開始と終了との間に、直線、緩いカーブ、曲線等により勾配が設けられていることを示すものである。

ジャケット管を先端に行くほど細め、端部を絞って閉じ、同時にコアロッドも先端が尖るように絞ると、コアとクラッドの比率はテーパのどの部分でも所望の値となり、口出し上では理想的であるが、コアロッドの先端がジャケット管の内壁に当たったり、狭い範囲で接触することになり、最初の溶融時にジャケット管がうまくつぶれない場合も考えられる。

その結果、溶着界面の形状が不安定となり泡が残ったり、ジャケット管が傾いて溶着されて、コアの偏芯が発生する可能性もある。そこで、コアロッド先端を管内側形状に比べて丸みを帯びるように加工すると、ジャケット管に挿入した際に内壁に広い範囲でかつ円周方向に安定して接触する。そのため、線引開始前の溶着作業を短時間に実施でき、形状が安定して以後の線引が安定して行える。

図 2 2 には本発明の、別の実施形態例を示した。図 2 2 では、先端部に球形状に近いテーパを形成したコアロッド 5 4 3 と、テーパ 5 4 5 を形成したジャケット管 5 4 1 を示した。また、ジャケット管先端には、加熱形成されるメニスカス部 5 4 9 を示した。

本形態では、ジャケット管 5 4 1 の先端部とコアロッド 5 4 3 の先端部とが接触するまでにコアロッドの先端部 5 4 7 に設けるテーパは、ジャケット管の先端部に設けるテーパ 5 4 5 より緩くなるように設けることが望ましい。従って、図 2 2 で示すように、コアロッド先端はジャケット管 5 4 1 の中空部底部の形状より、丸みを帯びるように加工する。これにより、ジャケット管 5 4 1 に挿入した際に、内壁に広い範囲で、かつ円周方向に安定した接触部 5 4 7 を得ることができる。そのため、線引開始前の溶着作業を短時間に、安定して行える。

なお、コアロッドの先端形状が球形に近くなると、ジャケット管テーパの開始側近くに接触部が位置することになる。そのため、コアロッドの底部とジャケット管中空部の底部との間に空間ができて、かえって口出し作業に時間がかかるようになる。そのため、最適形状を選択することが望ましい。

実施例

以下、本発明を実施例に基づいてさらに詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

ここでは VAD 法により一部クラッドを含むコア母材を製造し、さらに石英管を用いてクラッド部を付与することで、単一モード光ファイバを製造する場合について説明する。他の種類の屈折率プロファイルであっても、コア部を他の製法で作製してもかまわない。

(実施例 1)

図 2 に示すように、VAD 法では多重管構造からなるコア用バーナ 2 1 に、気化させた四塩化珪素と四塩化ゲルマニウムと酸素、水素ガスとあわせて送り、点

火して生成された火炎の中で加水分解反応せしめて合成ガラス微粒子を得、これを種棒 2 4 に吹き付けて多孔質コア母材 2 3 を形成する。特性を安定させる為にコアバーナ 2 1 の上部に類似のクラッドバーナ 2 2 を配置し、四塩化珪素と酸素・水素で同様に反応させ、コアスートの外周にクラッド部を付与する。これを 1 5 0 0 ~ 1 6 0 0 °C 程度に加熱して透明なガラスとする。単一モード光ファイバではコアとクラッドの寸法比は 1 : 1 3 程度であるが、VAD 工程で厚くクラッドを付与するのは困難で、出来上がった VAD ガラスでは 1 : 4 . 5 であった。このようにしてコアを含むガラス体を作製した。

これを引き伸ばして外径 3 0 mm に調整後、以下に示すように、別に用意した外径 9 0 mm × 内径 3 3 mm の石英管に挿入した。

先端削り法としては、図 3 に示すように、ダイヤモンド粉にて切り刃を形成した研削砥石 3 2 を、回転させながら押し当てて、ジャケット管 3 1 の先端を砥石 3 2 の形状に整えた。加工部の加熱を防ぐため冷却水 3 3 をかけながら実施した。垂直に管 3 1 を設置し、下部から徐々に砥石 3 2 を押し上げるようにした。この時、砥石 3 2 の中心に穴を開けておくと、削り滓と冷却水 3 3 が外に上手く流れ出し、管の汚染を極力小さなレベルに保つ効果があった。

なお棒の内部を穿つには、コーン状の砥石を用意し、同様に行った。

図 4 に示すように先端を加工したジャケット管 4 1 の反対端に加工旋盤に把持させるため支持管 4 2 を溶着させ、この部分にて旋盤チャック 4 5 によりチャック把持した。支持管 4 2 側を真空ポンプに接続し、内部を吸引減圧可能にした。予め所定の寸法と形状に加工したコアロッド 4 3 の引き始め側に同様に支持棒 4 4 を取り付け、旋盤チャック 4 7 により旋盤にセットし、管 4 1 の中へ挿入した。旋盤を回転させ、酸素と水素火炎にて先端部を炙り管 4 1 とコアロッド 4 3 を溶着させた後、ポンプのスイッチを入れ内部を減圧にした。端末が完全に閉じていない状態で吸引を開始すると、内部に異物を吸い込んで気泡が発生してしまうので注意が要る。その後、バーナを駆動させて全長にわたり中実化した。

すなわち、図 7 a) のような一体化前の母材及びジャケット管が、図 7 b) に

示されるように一体となった。

これを線引装置に移し、電気炉で加熱して先端部を軟化させると、錘により伸びて来るので、これを引き取りキャプスタンにて引き伸ばして $125\mu\text{m}$ にし、紫外線硬化樹脂を塗ってファイバとした。先端加工を施さないと $125\mu\text{m}$ に外径を調節するのに時間がかかり、かつその後もコアとクラッドの寸法比率が所定の値とならず、安定するまで時間がかかったが、本発明に規定する先端加工を施すとその時間が大幅に短縮された。母材の大きさにも依るが、本実施例にて用いた母材では従来、線引開始からメニスカス形状が安定するまでに2～3時間程度要していたものが、本発明により、1時間程度にまで短縮された。

なお、上記の方法で加工して得たファイバで破断が発生することがあったが、破断部を分析すると金属粉が検出された。これは研削時の砥石片が付着したものと考えられるため、研削後5wt%フッ酸水溶液にて洗浄し、純水でリンス後乾燥させるという工程を追加したところ、線引における断線の発生は抑制された。したがって、本発明においてこのような洗浄工程を行うことは好ましい態様である。

しかしながら、酸洗いにより表面に荒れが生じると、細い径に引き落とす過程で線径が変動し、コーティングのダイスに詰まることがあった。これを防ぐ目的で先端部を機械ポリッシュしたところ、このような不具合は改善された。したがって、本発明においてこのようなポリッシュを行うことは好ましい態様である。

(実施例2)

図8a)に示すように、実施例1と同様にして、先端を加工したジャケット管82の反対端に加工旋盤に把持させるため支持管83を溶着させ、この部分にてチャック把持した。予め所定の寸法と形状に加工したコアロッド81の引き始め側に同様に支持棒84を取り付け、旋盤にセットし、管82の中へ挿入した。実施例1と同様にして旋盤を回転させ、酸素と水素火炎にて先端部を炙り管82とコアロッド81を溶着させた。これにより図8b)に示すように先端部の

みが中実化されたコアロッドと管の組み合わせが出来る。これを線引装置に移し、電気炉で先端部を加熱した。併せて支持管 8 3 側を真空ポンプに接続し、ポンプのスイッチを入れ内部を減圧にした。こうすることで中実化と引き伸ばしが同時に行える。この方法でも実施例 1 と同様の優れた先端加工の効果が認められた。

(実施例 3)

図 2 9 に示すように、実施例 2 の方法でコアロッド 8 1 とジャケット管 8 2 を線引開始側の端部で溶着させる際、管 8 2 の内径は真っ直ぐであるのに対しコアロッド 8 1 の先端は細くなっているため、コアロッド 8 1 とジャケット管 8 2 のテーパ部が長さ方向でずれている場合はこの部分でクリアランスが大きくなって、上手く溶着出来ないことがあった。そこで図 9 に示すように、内側をテーパ状に削った棒を、ジャケット管封止棒 9 5 として先端封止に用いてコアロッド 8 1 とジャケット管 8 2 のテーパ部を長さ方向で略同位置となるよう保持した以外は実施例 2 と同様に光ファイバ用母材を作製した。図 5 に先端封止状態を示す拡大図を断面で示す。これによりクリアランスが改善され、図 9 b) に示す先端形状が線引を開始して後のわずかな時間（10～20 分間程度）で先端部分が溶着を完了した時点で作製された。この方法でも実施例 1 と同様の優れた先端加工の効果が認められた。

(実施例 4)

図 1 0 に示すように、実施例 1 と同様にして、先端を加工したジャケット管 1 0 2 をガラス加工旋盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱し、管 1 0 2 を両側に徐々に伸ばした。これによりメニスカス形状が形成され、併せて管が細くなる。最後に火炎で焼き切ると、図 1 0 b) のように先端が封止出来た。次にコアロッド先端も火炎で加熱後、引き落とすとテーパが形成される。ロッド 1 0 1 を管 1 0 2 に挿入し、管 1 0 2 の反対側に支持管 1 0 3 をとりつけた。これを線引装置にセットした。徐々に炉に挿入し、支持管に取り付けた真空装置で内部を減圧にすると先端部の溶着が起こり、さらにこの部分が伸びて線引が開始でき、図 1 0 c) に示すように線引きされた光ファイバ 1 0 5 を製造できた。あとは通常の線

引と同様、ファイバを引き取りながらガラス体を炉に押し込んで行くと、中実化とファイバ化が同時に進行する。この方法でも実施例 1 と同様の優れた先端加工の効果が認められた。

(実施例 5)

図 1 1 に示したように、VAD 法では多重管構造からなるコアバーナ 2 0 5 を通じて、気化させた四塩化珪素 (SiCl_4)、四塩化ゲルマニウム (GeCl_4)、酸素 (O_2)、及び水素 (H_2) とで構成されるガス 2 0 9 を送り込み、点火燃焼させる。火炎中で加水分解反応させて、合成ガラス微粒子を得、これを種棒 2 0 3 に吹き付けて多孔質母材 2 0 1 を形成する。なお、種棒 2 0 3 と多孔質母材 2 0 1 は矢印で示すように半時計方向に回転しており、図面の上方向の矢印が引き上げられる方向である。

多孔質母材 2 0 1 の特性を安定させるために、コアバーナ 2 0 5 の上部に類似のクラッドバーナ 2 0 7 を配置し、四塩化珪素 (SiCl_4)、酸素 (O_2)、及び水素 (H_2) とで構成されるガス 2 1 1 を送り込み、反応させてコアストの外周にクラッド部を付与する。この多孔質母材 2 0 1 を $1500 \sim 1600^\circ\text{C}$ 程度に加熱して透明なガラスとする。単一モード光ファイバではコアとクラッドの寸法比は $1 : 13$ 程度となるが、VAD 法で作製したものは $1 : 4.5$ であった。次に、当該コア母材を引き伸ばして外径 30 mm のコアロッドを作製した。

別に、ジャケット管用として外径 90 mm で内径 33 mm の合成石英管を用意した。コアロッドをジャケット管に挿入すると所定の比率とすることができる。たとえば、図 1 2 には、コア部分 2 2 1 を中心部に備えたコアロッド 2 2 3 とジャケット管 2 2 5 の配置例を示した。

図 1 2 中の矢印内で示した数値は、それぞれの寸法比を示しており、コアロッドのコア部分 2 2 1 の外径を 1 とした場合、コアロッド 2 2 3 の外径は 4.5 となっている。ジャケット管 2 2 5 は、コアロッドのコア部分 2 0 9 の外径を 1 と

した場合、外径は13となる。

ところで、ジャケット管の内側中空部は、異物の付着がなく、平滑に維持されている。ジャケット管はガラス加工施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して両側に徐々に伸ばす。すると、熔融軟化によるメニスカスが形成されて管が細くなる。最後に火炎で焼き切ると、先端を封止することができる。

図13で示したように、このようにして、得られたジャケット管231の先端を封止していない側に石英製の支持管233を溶着させた。支持管233は、外径が約90mm、内径が約70mmである。ジャケット管の冷却後、旋盤から外して、支持管233の開口部にシリコンゴム製の栓219をした。

次に、図14(a)に示すように、支持管233の開口部に栓235をしたジャケット管231を10wt%フッ化水素酸水溶液241を満たした槽243に3時間浸漬した。次に、図14(b)に示すように、純水245を入れた槽247に移し入れ、粗洗いをした。最後に、図14(c)に示したように、純水のシャワー249を用いてリンスし、圧縮空気水滴を吹き飛ばした後、風乾した。

さらに、図15で示したように、所定の寸法に加工したコアロッド251の片端に、材質が天然石英製であり、外径が約25mmであり長さが約300mmの支持棒253を取り付けた。コアロッド251の支持棒253は、垂直に作動可能な旋盤にチャック255で固定した。ジャケット管231の支持管233は、チャック257で固定した。そして、コアロッド251を図15中の矢印方向に徐々に下げて、ジャケット管231の開口部に挿入した。

次に、図16に示すように、コアロッド251を挿入したジャケット管231を旋盤から外し、支持管233の挿入端に、外形がテーパ状で、シリコンゴム製のキャップ259をした。次に、前述と同じように、10wt%フッ化水素酸水溶液に3時間浸漬した。次に、純水を入れた槽に移し入れ、粗洗いをし、最後

に、純水のシャワーを用いてリンスし、圧縮空気で水滴を吹き飛ばした後、風乾した。

次に、このようにして準備したコアロッド 251 を挿入した支持管 233 の上部管部に真空装置を取り付け、内部を減圧に吸引できるようにし、線引装置にセットした。徐々に炉に挿入すると先端部が加熱されて溶着が起こり、さらにこの部分が伸びて線引が開始できた。あとは、通常の線引と同様にして、光ファイバを引き取りながら母材を炉に押し込んで行くと、中実化と光ファイバ化が同時に進行した。

このようにしてセッティングした光ファイバ用母材を、引取りキャプスタンを用いて、ガラス部分の外径が約 $125\text{ }\mu\text{m}$ 径となるように線引し、ついで紫外線硬化樹脂を塗って紫外線を照射して硬化させ外径が約 $250\text{ }\mu\text{m}$ 径の光ファイバとした。このようにして線引工程を行なった結果、線引中の破断や線径不良の発生はなく、良好な線引を実施することができた。

なお、洗浄工程で使用した純水は、イオン交換法によって電気伝導度を $1\text{ }\mu\text{A}$ 以下に保った状態で精製した純水である。別に電気伝導度が $1\text{ }\mu\text{A}$ を超えた純水で洗浄工程を行なったが、このときは線引中の破断は発生しなかったものの、線径変動の発生率が $0.05\text{ 回}/\text{km}$ まで上昇した。これは通常レベル ($0.001\sim0.005\text{ 回}/\text{km}$) の $10\sim50$ 倍であり、純水の純度は電気伝導度で $1\text{ }\mu\text{A}$ 以下に管理することが望ましいことが判った。

(実施例 6)

実施例 5 と同様に、VAD 法でコア母材を製作し、当該母材を引き伸ばして外径 30 mm のコアロッドを作製した。

実施例 5 と同様に、別に、ジャケット管用として外径 90 mm で内径 33 mm の合成石英管を用意し、コアロッドを石英管に挿入した。図 12 には、コアロッ

ドとジャケット管の配置例を示した。

図 1 2 中の矢印内で示した数字は、それぞれの寸法比を示しており、コアロッドのコア部分に相当する外径が 1 に対して、コアロッドの寸法は 4.5 となっている。ジャケット管は、コアロッドのコア部分に相当する外径の 1 に対して、1.3 となる。

実施例 5 と同様に、図 1 5 ? には、コアロッドをジャケット管に挿入させる場合の略図を示した。ジャケット管の内側は、表面に異物の付着がなく、平滑に維持される。ジャケット管はガラス加工施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して一方端を封止し、封止していない側に石英製の支持管を溶着させた。冷却後、これを旋盤から外した。

なお、前記ジャケット管と前記支持管の端部を酸素／水素火炎にて加熱し、両端末を押しつけて溶着接続し、さらに溶着部の内側はジャケット管の内径と等しくなるよう鋺を用いて整形した。

次に、実施例 5 と同様に、所定の寸法に加工した VAD コアロッドを施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して石英製の支持棒を溶着させ、冷却後はずした。

ジャケット管とコアロッドとを垂直に駆動する挿入旋盤にセットし、ジャケット管への挿入作業を実施した。コアロッドの支持棒およびジャケット管の支持管は、チャックで固定した。そして、コアロッドを図 1 5 中の矢印方向に徐々に下げて、ジャケット管の中空部に挿入した。

図 1 6 に示すように、コアロッド 2 5 1 を挿入したジャケット管 2 3 1 を旋盤から外し、支持管 2 3 3 の挿入端にキャップ 2 5 9 を被せる。次に、前述と同じように、フッ化水素酸水溶液に浸漬する。次に、純水を入れた槽に移し入れ、粗洗いし、最後に、純水のシャワーを用いてリンスし、圧縮空気水滴を吹き飛ば

した後、風乾する。

図17には、コアロッド335をジャケット管331に挿入した状態を示した。本実施例では、外径30mmのコアロッドと内径が33mmのジャケット管を用いたことから、コアロッド外径341とジャケット管内径343との寸法差が3.0mmであり、1.0mm以上を十分確保していた。

次に、このようにして準備したコアロッドを挿入した支持管の上部管部に真空装置を取り付け、内部を減圧に吸引できるようにし、線引装置にセットした。徐々に炉に挿入すると先端部が加熱されて溶着が起こり、さらにこの部分が伸びて線引が開始できた。あとは、通常の線引と同様にして、ファイバを引き取りながらガラス体を炉に押し込んで行くと、中実化とファイバ化が同時に進行した。ファイバは、引取りキャプスタンにて引き伸ばして125 μ mにし、紫外線硬化樹脂を250 μ m径になるように塗って得た。

(実施例7)

実施例5と同様に、コアロッドを作製し、そして、石英管を用意した。

図19には、本発明によるコアロッドをジャケット管に挿入する場合の略図を示した。ジャケット管431の内側は、表面に異物の付着がなく、平滑に維持される。ジャケット管をガラス加工施盤にセットし、一方端に外径が90mm、内径が70mmの石英製の支持管432を溶着させた。冷却後、これを旋盤から外した。

なお、前記ジャケット管と前記支持管の端部を酸素／水素火炎にて加熱し、両端末を押し付けて溶着接続し、さらに溶着部の外径は管と概ね等しくなるよう鋸を用いて整形した。

次に、所定の寸法に加工したVADコアロッド35を施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して石英製の支持棒36を溶着させ、冷却後はずした。支持棒3

6は、材質は天然石英であり、寸法は外径が約25mmであり長さは約300mmである。

次に、ジャケット管431とコアロッド435とを垂直に駆動する挿入旋盤にセットし、ジャケット管431への挿入作業を実施した。コアロッド435の支持棒436は、旋盤にチャック437で固定した。ジャケット管431の支持管432は、チャック433で固定した。そして、コアロッド435を図19中の矢印方向に徐々に下げて、ジャケット管431の中空部に挿入した。

図20には、コアロッドをジャケット管に挿入した状態を示した。

次に、このようにして準備したコアロッドを挿入した支持管の上部管部に真空装置を取り付け、内部を減圧に吸引できるようにし、線引装置にセットした。内部を吸引減圧しながら徐々に炉に挿入すると先端部が加熱されて溶着が起こり、さらにこの部分が伸びて線引が開始できた。

あとは、通常の線引と同様にして、ファイバを引き取りながらガラス体を炉に押し込んで行くと、一体化とファイバ化が同時に進行した。ファイバは、引取りキャプスタンにて引き伸ばしてガラスの外径が約125 μ mになるように線引し、紫外線硬化樹脂を約250 μ m径になるように塗って紫外線を照射して硬化させた。

(実施例8)

実施例5と同様に、コアロッドを作製し、そして、石英管を用意した。

ジャケット管はガラス加工施盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱し、両側に徐々に伸ばした。これによりメニスカス形状が形成され、併せてジャケット管が細くなった。最後に火炎で焼き切ると、先端が封止できた。次に、コアロッド先端も火炎で加熱後、引き落とすとテーパが形成された。

このコアロッドをジャケット管に挿入した状態を図21に示した。図21中、

ジャケット管のテーパ部の長さは120mmであった。コアロッドのテーパ部は長さは40mmであった。封止したジャケット管の反対側には支持管（図示せず）を取付け、これを線引装置にセットした。徐々に炉に挿入し先端部が高温領域にくると先端部の溶着が起これり一体化が進み、溶着部が伸びて線引が開始できた。

ついで、支持管に取り付けた真空装置で内部を減圧にすると一体化が進行した。通常の線引と同様、ファイバを引き取りながらガラス体を炉に押し込んで行くと、一体化とファイバ化が同時に進行した。ファイバは引取りキャプスタンにて引き伸ばしてガラスの外径で約125 μ mにし、紫外線硬化樹脂を約250 μ m径になるように塗って紫外線を照射して硬化させた。

（実施例9）

実施例8と同様にして、図22で示したように、ロッド先端に丸みを持たせるように加工を施した。このコアロッドをジャケット管に挿入し、実施例8と同様に線引した。その結果、実施例8に比べて、より速やかにジャケット管に溶着し、線引が開始された。さらに、125 μ mに外径を調節するのも短時間で終了し、かつコアとクラッドの寸法比率も所定の値となって、安定するまでの時間を大幅に短縮することができた。

（実施例10）

実施例5と同様に、コアロッドを作製し、そして、石英管を用意した。

図24には、延伸されたコアロッドをジャケット管に挿入させる場合の略図を示した。ジャケット管の内側は、表面に異物の付着がなく、平滑に維持される。ジャケット管はガラス加工施盤にセットし、一方端に外径が90mm、内径が70mmの石英製の支持管を溶着させた。冷却後、これを旋盤から外した。

次に、所定の寸法に加工したコアロッドを旋盤にセットし、酸素／水素火炎で加熱して、引き伸ばした。ここで、外径30mmで長さ約300mmの石英製の支持棒基部と、支持棒基部の上側に設ける外径25mmで長さが約300mmの

石英製の支持棒を予め接続した。そして、当該支持棒基部を厚さが約20 mmになるように切断してから、コアロッドの上端とを直接溶着した。冷却後、旋盤から外した。

次に、コアロッドとジャケット管とを、垂直に駆動する旋盤にセットし、挿入作業を実施した。ジャケット管は支持管でチャックを用いて把持し、同様に、支持棒部でチャックを用いて把持したコアロッドを徐々に下げて挿入した（図24参照）。次に、コアロッドの下端がジャケット管の中心にあり、ジャケット管に正しく接触していることを確認した（図25参照）。

次に、図26に示すように、コアロッド635を挿入する際に使用したチャックをはずした。そして、支持管633の内側の開口部から、外径が69.5 mm、厚みが約10 mmで直径25.5 mmの開口を設けた円盤状スペーサ651を支持棒638に差込んで、支持管633の内側に嵌め合うように落としこんだ。すなわち、線引開始側は、ジャケット管636（図では635となっています）の先端部とコアロッドの先端部を突き当てて調芯し、線引終了側はスペーサにて調芯して、母材の全長に渡ってジャケット管とコアロッドとが同心円状となるように配置した。なお、図27には、実施例に用いた円盤状スペーサの代表的な形状を示した。

上記のように準備したコアロッドを挿入したジャケット管上部の支持管部に真空装置を取り付け、内部を減圧に吸引できるようにし、線引装置にセットした。徐々に炉に挿入すると先端部が加熱されて溶着が起こり、さらにこの部分が伸びて線引が開始できた。あとは、通常の線引と同様にして、ファイバを引き取りながら母材を炉に押し込んで行き、内部を減圧にすると中実化とファイバ化が同時に進行した。

ファイバは引取りキャプスタンにて引き伸ばしてガラス部分の外径を約125 μm になるように線引し、さらに外径が約250 μm になるように紫外線硬化樹

脂を塗って光ファイバ素線を得た。得られたファイバを2 km毎に切り出してコアロッドの偏芯を測定した。その結果、クラッド中心とコアロッド中心のずれ量は全て0.2 μ m以下となって良好な結果を示した。また、線引途中でファイバ外径が変動することも、気泡の発生も認められなかった。

本発明に記載の製造方法において、例えば実施例10において、ジャケット管にOH基濃度が100 ppm以下、望ましくは1 ppm以下の合成石英からなる石英管を用いて製造した光ファイバの1385 nm波長における伝送損失（OH吸収損失）を測定したところ、0.4 dB/km以下の値を得た。より具体的には、0.29～0.38 dB/kmの範囲であった。このファイバは、広い波長帯域を使用するWDM伝送システム等に好適な伝送損失特性を有していた。

産業上の利用性

本発明の光ファイバ用母材の製造方法によれば、母材合成時に母材先端が所望の形状となるように調整されるので、出来上がり母材を、直接、線引工程に送ることが可能になり、合成後の母材先端を加工する作業に伴う不具合や費用の発生を抑制することができる。さらに、本発明により製造される光ファイバ用母材を用いれば、光ファイバ線引時において紡糸作業を開始してから安定するまでの間に発生する不良ファイバの長さやタイムロスを短縮することができ、効率よく光ファイバを製造することができる。

更に、本発明により、ジャケット管の内部を汚染することなく母材表面を清浄に調整することができるので、母材を線引工程にて光ファイバ化する際、光ファイバ破断不良や線径不良を減少することができた。

更に、ジャケット管の先端部が細くなるようにテーパを設けて封止し、コアロッドの先端部が細くなるようにテーパを設けて、ジャケット管とコアロッドとの断面形状が同心円状に配設されるようにスペーサを設けることにより、クラッド中心とコアロッド中心のずれ量は全て0.2 μ m以下となり、コアロッドの偏芯の少ないファイバを得ることができた。また、線引途中でファイバ外径が変動することも、気泡の発生も認められなかった。

請 求 の 範 囲

1. 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。
2. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の引き出し側端部に加工されるテーパ形状は、光ファイバ線引き時に形成されるメニスカス形状に類似することを特徴とする光ファイバの製造方法。
3. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体とガラス管を加熱一体化する工程は、前記ガラス体と前記ガラス管の先端部を加熱一体化して封止した後、ガラス管内部を減圧しながら光ファイバの線引きと同時にさらにガラス体とガラス管を加熱一体化する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法。
4. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の片端をテーパ形状に加工する工程は機械研削工程であって、前記機械研削工程後、研削部を洗浄する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。
5. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の片端をテーパ形状に加工する工程は機械研削工程であって、前記機械研削工程後、研削部を洗浄する工程と、研削部をポリッシュする工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。
6. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記コアを含むガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体と前記ガラス管の加熱一体化が開始される時点で、前記ガラス体のテーパ形状部と前記ガラス管のテーパ形状部は、長さ方向の略同一位置に形成されることを特徴とする光ファイバ用母材の製造方法。
7. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管を加熱溶融し、引き出し側端部を引き出して細くしたのち前記引き出し側端部の端末を封止する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

8. 請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記コアを含むガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程は、前記ガラス体を前記ガラス管に貫通させ、前記ガラス体のテーパ開始部と前記ガラス管の端末の長手方向の位置を略同一にする工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法。
9. 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。
10. 請求項9に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程は前記支持管に栓をして洗浄する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法。
11. 請求項9に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス管の外表面を洗浄する工程は、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入した後に前記支持管に栓をして洗浄する工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法。
12. 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の外表面を洗浄する第一の洗浄工程と、前記第一の洗浄後に前記ガラス管の外表面をラップで覆う工程と、前記ラップで覆う工程後に前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記挿入する工程後に前記ラップを取り除く工程と、前記ラップを取り除いた後、前記ガラス管の開放部に栓をして前記ガラス管の外表面を洗浄する第二の洗浄工程と前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。
13. 請求項9～12に記載の光ファイバの製造方法であって、前記洗浄する工程は、1～20wt%のフッ化水素酸水溶液を用い、前記フッ化水素酸水溶液で処理した後に純水でリンスし、乾燥させることを特徴とする光ファイバの製造方法。

14. 請求項13に記載の光ファイバの製造方法であって、前記洗浄する工程は、電気伝導度が $1\ \mu\text{A}$ 以下の純水でリンスする工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

15. 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、前記ガラス体の外径(D_1)と前記ガラス管の内径(d_p)の差($d_p - D_1$)が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

16. 請求項15に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の一端に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記ガラス体の外径(D_1)と前記支持管の内径(d_s)の差($d_s - D_1$)が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であって、前記ガラス体の外径(D_1)と前記ガラス管と前記支持管の取付部の内径(d_b)の差($d_b - D_1$)が 1.0 mm 以上 10.0 mm 以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

17. 請求項15に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の一端に支持管を取付ける工程をさらに含み、前記支持管の材質が天然石英であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

18. コアを含むガラス体を形成する工程と、ガラス管を形成する工程と、前記ガラス管の一端に支持管を取付ける工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、前記支持管の内径(d_s)と前記ガラス管の内径(d_p)は $d_s \geq d_p$ であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

19. 請求項18に記載の光ファイバの製造方法であって、前記支持管の外径(D_s)と前記ガラス管の外径(D_p)は $D_s \geq D_p$ であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

20. 請求項18に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の一端に支持管を取付ける工程は、溶着によるものであって、溶着部の外径を前記支持管の外径以下に整形する工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

21. 請求項18に記載の光ファイバの製造方法であって、前記支持管の材質は天然石英であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

22. 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部を少なくとも内面にテーパを設けて封止する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体の外径と前記ガラス管の内径の隙間が長手方向に渡ってほぼ一定となるようにスペーサーを設ける工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

23. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持棒を取付ける工程をさらに含み、前記スペーサーは前記支持棒の外径と前記支持管の内径の隙間に設けることを特徴とする光ファイバの製造方法。

24. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、引き出し側は前記ガラス管の内面に設けられたテーパ面に前記ガラス体の先端を突き当てて調芯し、引き出し側と反対の側は前記スペーサーを用いて調芯して前記ガラス体と前記ガラス管を同心円状に配置することを特徴とする光ファイバの製造方法。

25. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーを設ける工程は前記ガラス体をガラス管に挿入する工程の後に行うことを特徴とする光ファイバの製造方法。

26. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

27. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含み、前記支持棒は前記スペーサーに係止するための係止部を備えることを特徴とする光ファイバの製造方法。

28. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーの材質は石英ガラスであることを特徴とする光ファイバの製造方法。

29. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管と前記ガラス体との間の空間を減圧できるようにガス抜き孔を有することを特徴とする光ファイバの製造方法。

30. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管と前記ガラス体との間の空間を減圧できるように放射状に設けたスリット状の複数のガス抜き孔を前記開口部周辺に有することを特徴とする光ファイバの製造方法。

31. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーは前記ガラス管の内径に嵌合できるよう外形が円形であり、中心に前記ガラス体を挿入可能な開口部を有し、線引き時に前記ガラス管と前記ガラス体との間の空間を減圧できるように多数の小孔からなるガス抜き孔を有することを特徴とする光ファイバの製造方法。

32. 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体に設けられたテーパは前記ガラス管内面のテーパより急であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

33. 少なくともコアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、少なくとも前記ガラス管の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含み、さらに製造された光ファイバの1385nm波長における伝送損失が0.4dB/km又はそれ以下であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

34. 請求項33に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管はOH基濃度が100ppm以下である合成石英からなることを特徴とする光ファイバの製造方法。

補正書の請求の範囲

[2003年10月21日(21.10.03)国際事務局受理:出願当初の請求の範囲10及び15-21は取り下げられた;出願当初の請求の範囲9及び11は補正された;他の請求の範囲は変更なし。(3頁)]

8.(変更無し)請求項1に記載の光ファイバの製造方法であって、前記コアを含むガラス体の引き出し側端部をテーパ形状に加工する工程をさらに含み、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程は、前記ガラス体を前記ガラス管に貫通させ、前記ガラス体のテーパ開始部と前記ガラス管の端末の長手方向の位置を略同一にする工程であることを特徴とする光ファイバの製造方法。

9.(補正後)少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程と、前記支持管に栓をして前記ガラス管の外表面を洗浄する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

10.(削除)

11.(補正後)少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部を封止する工程と、前記ガラス管の他方側端部に支持管を取付ける工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入した後に前記支持管に栓をして前記ガラス管の外表面を洗浄する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

12.(変更無し)少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の外表面を洗浄する第一の洗浄工程と、前記第一の洗浄後に前記ガラス管の外表面をラップで覆う工程と、前記ラップで覆う工程後に前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記挿入する工程後に前記ラップを取り除く工程と、前記ラップを取り除いた後、前記ガラス管の開放部に栓をして前記ガラス管の外表面を洗浄する第二の洗浄工程と前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

13.(変更無し)請求項9～12に記載の光ファイバの製造方法であって、前記洗浄する工程は、1～20wt%のフッ化水素酸水溶液を用い、前記フッ化水素酸水溶液で処理した後に純水でリンスし、乾燥させることを特徴とする光ファイバの製造方法。

14. (変更無し) 請求項13に記載の光ファイバの製造方法であって、前記洗浄する工程は、電気伝導度が $1\mu\text{A}$ 以下の純水でリンスする工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

15. (削除)

16. (削除)

17. (削除)

18. (削除)

19. (削除)

20. (削除)

21. (削除)

22. (変更無し) 少なくとも、コアを含むガラス体を形成する工程と、クラッド部分を構成するガラス管を準備する工程と、前記ガラス管の引き出し側端部を少なくとも内面にテーパを設けて封止する工程と、前記ガラス体を前記ガラス管に挿入する工程と、前記ガラス体の外径と前記ガラス管の内径の間隙が長手方向に渡ってほぼ一定となるようにスペーサーを設ける工程と、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化する工程を含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

23. (変更無し) 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持棒を取付ける工程をさらに含み、前記スペーサは前記支持棒の外径と前記支持管の内径の間隙に設けることを特徴とする光ファイバの製造方法。

24. (変更無し) 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、引き出し側は前記ガラス管の内面に設けられたテーパ面に前記ガラス体の先端を突き当てて調芯し、引き出し側と反対の側は前記スペーサを用いて調芯して前記ガラス体と前記ガラス管を同心円状に配置することを特徴とする光ファイバの製造方法。

25. (変更無し) 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記スペーサーを設ける工程は前記ガラス体をガラス管に挿入する工程の後に行うことを特徴とする光ファイバの製造方法。

26. (変更無し) 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含むことを特徴とする光ファイバの製造方法。

27. (変更無し) 請求項22に記載の光ファイバの製造方法であって、前記ガラス体の引き出し側と反対側の端部に支持棒を同心円状に取付ける工程と、前記ガラス管の引き出し側と反対側の端部に支持管を同心円状に取付ける工程をさらに含み、前記支持棒は前記スペーサに係止するための係止部を備えることを特徴とする光ファイバの製造方法。

図 1

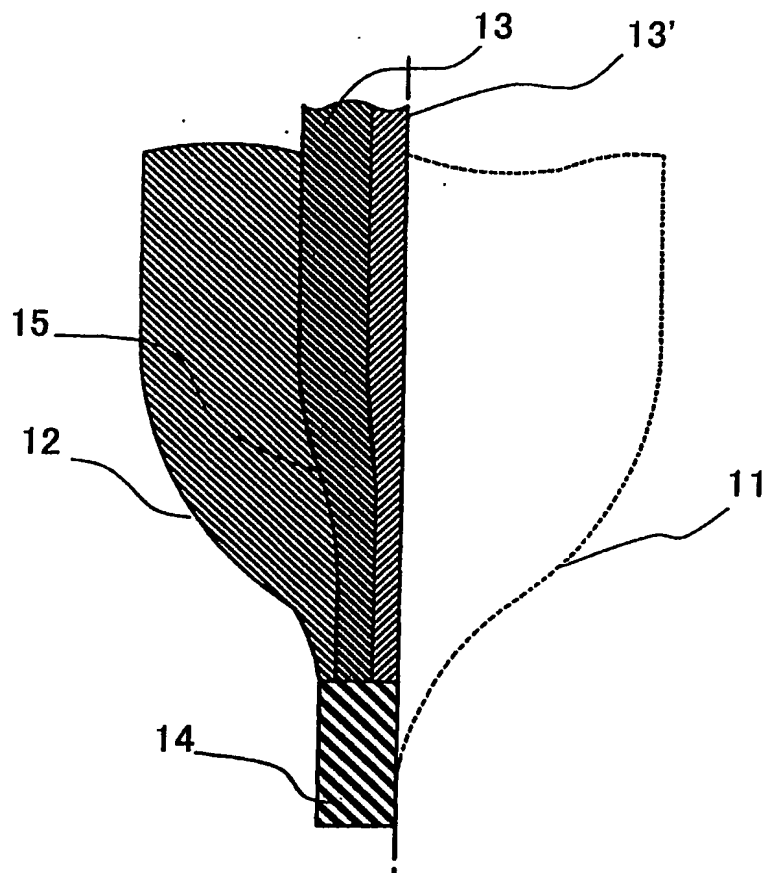


図2

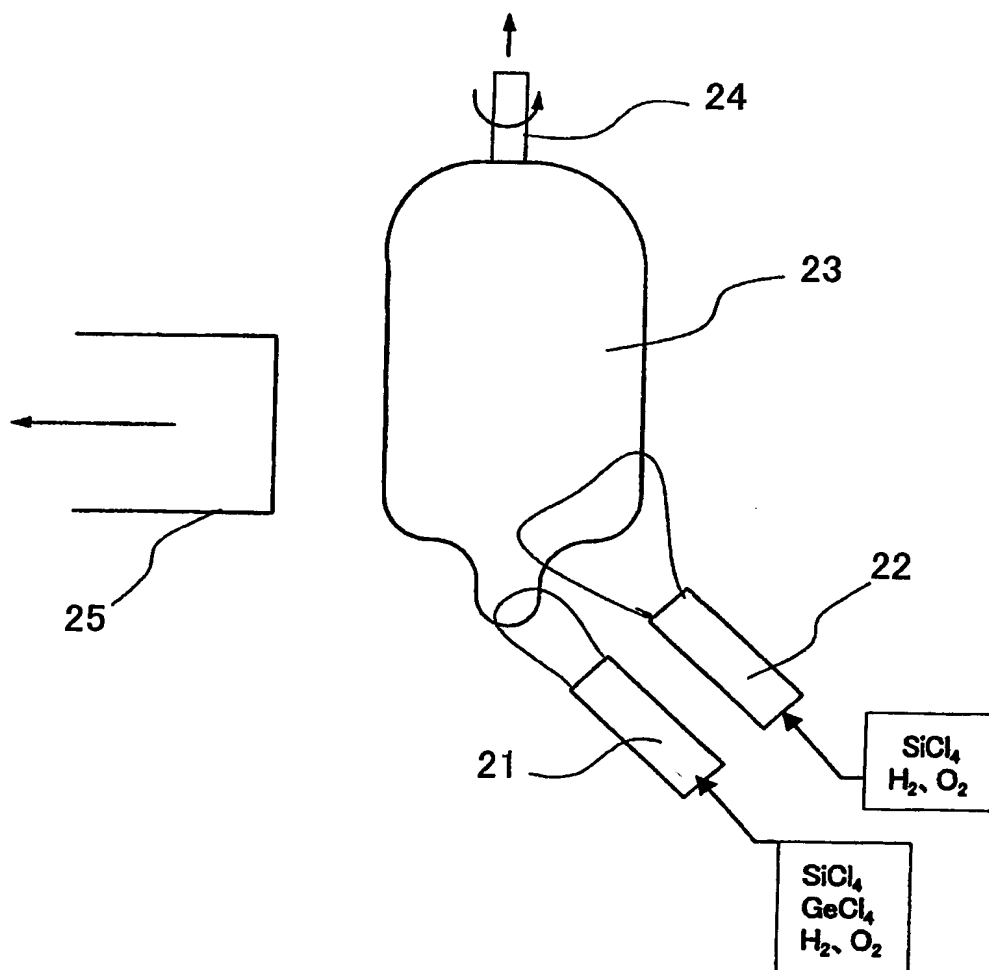
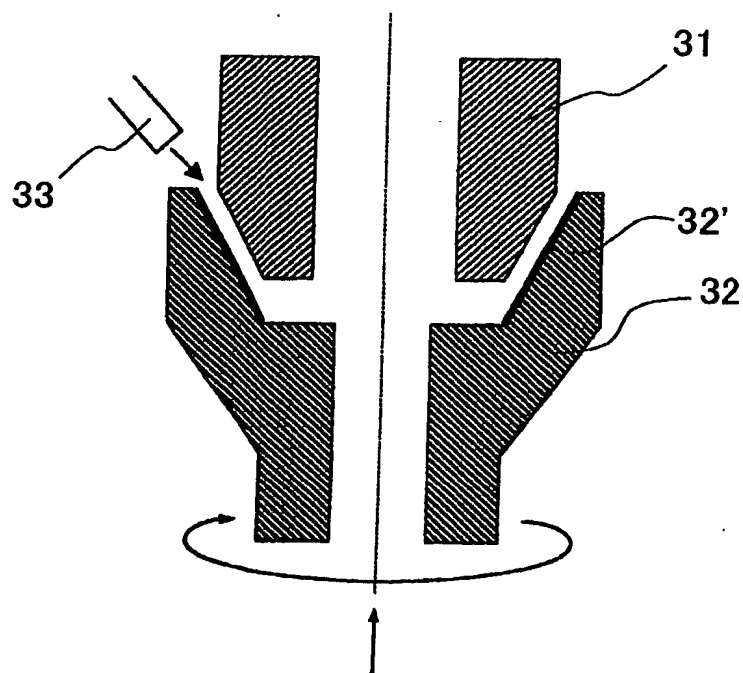


図3



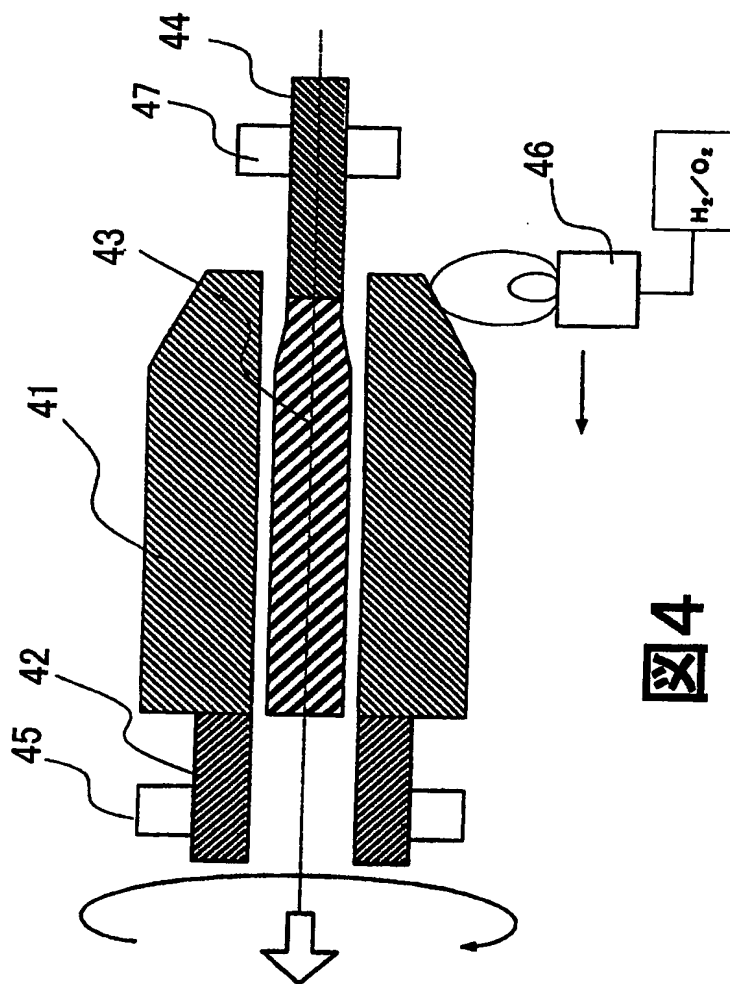


图4

図5

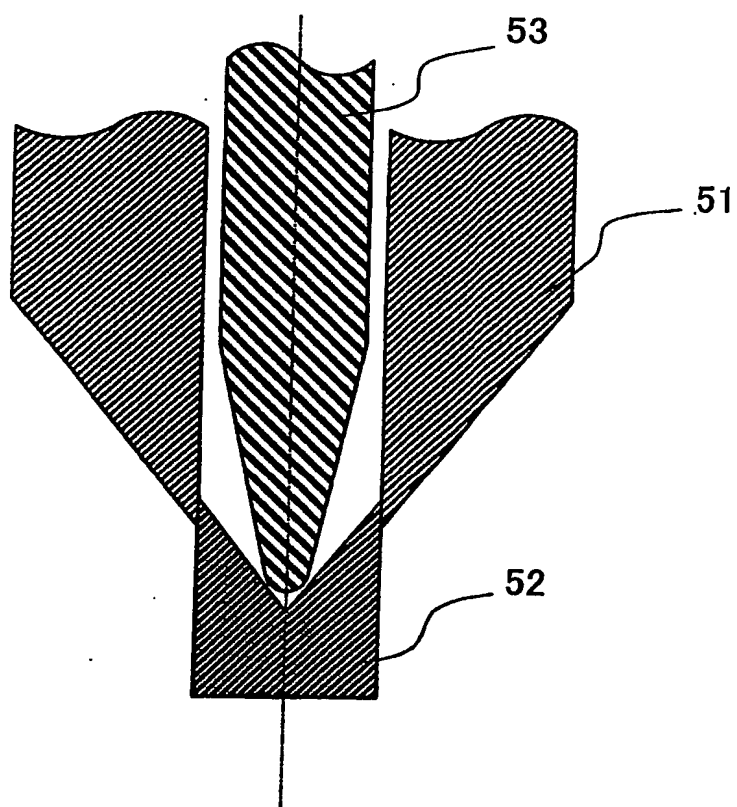


図6A

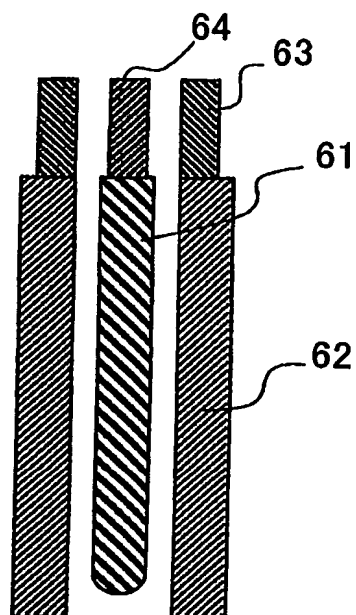


図6B

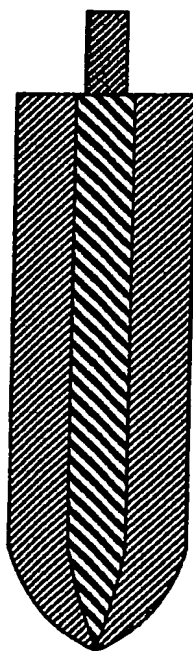


図7A

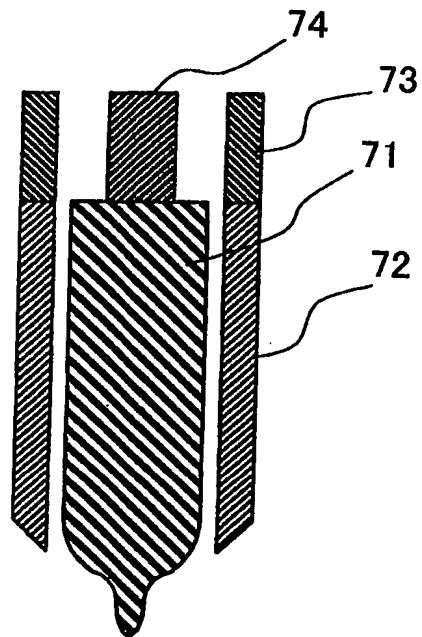


図7B

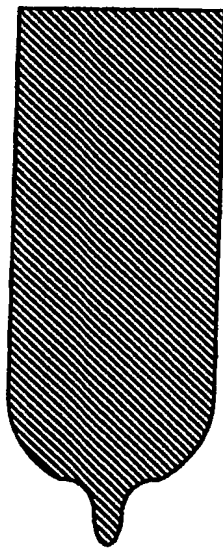


図8A

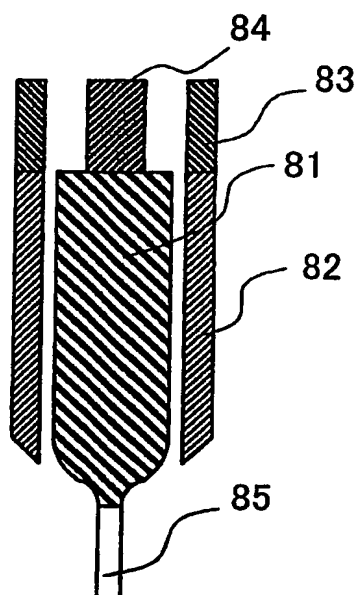


図8B

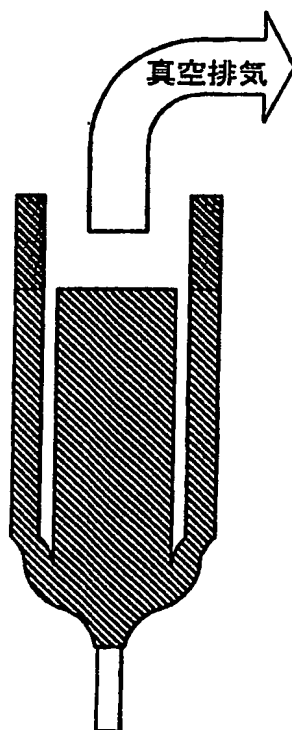


図9A

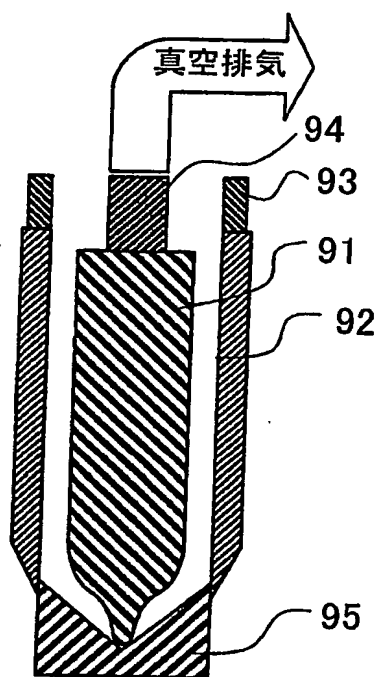


図9B

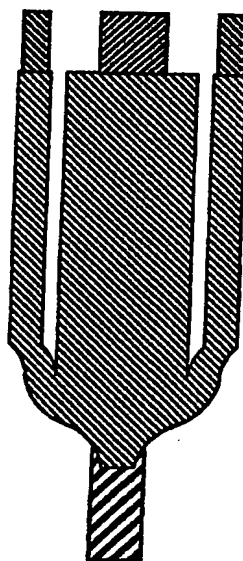


図10A

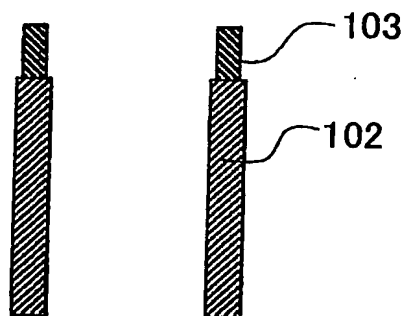


図10B

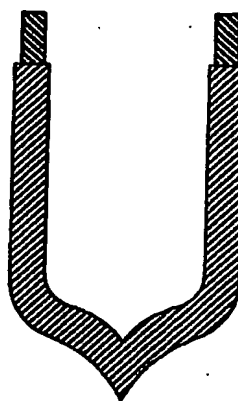


図10C

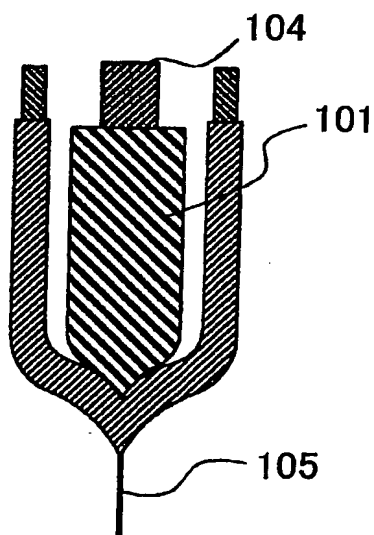


図 11

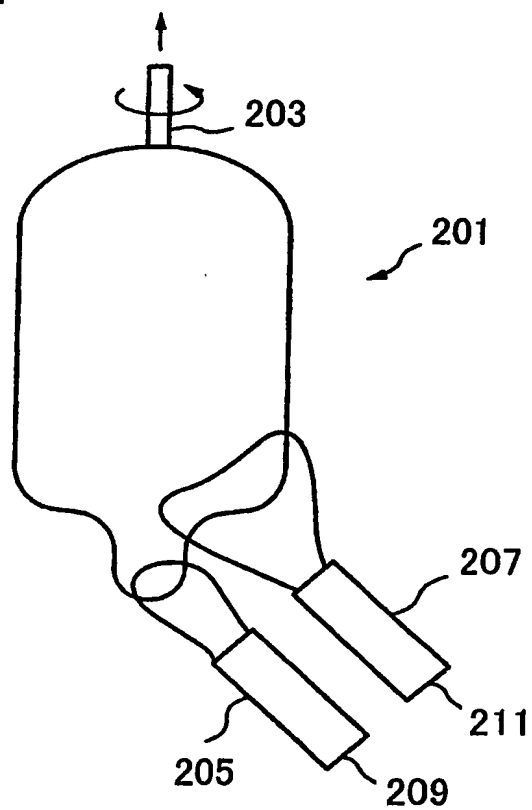


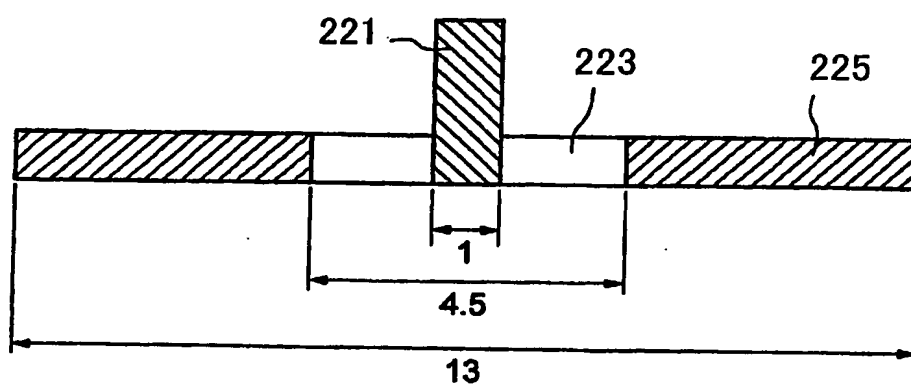
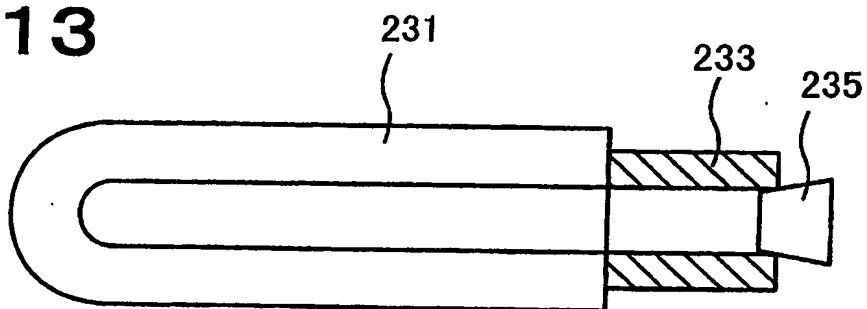
図12**図13**

図14A

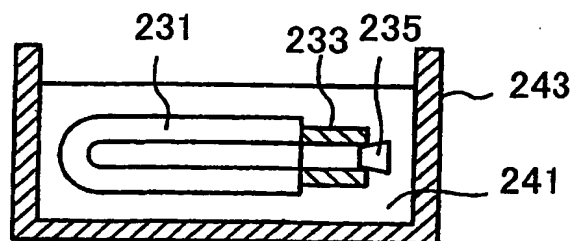


図14B

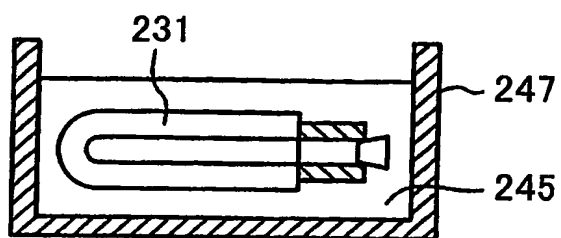


図14C

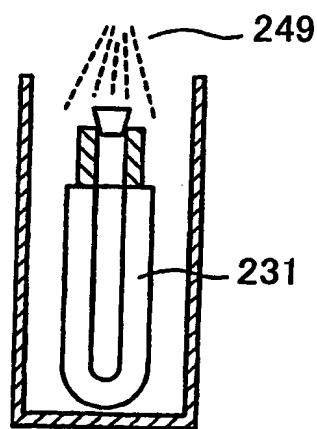


図 15

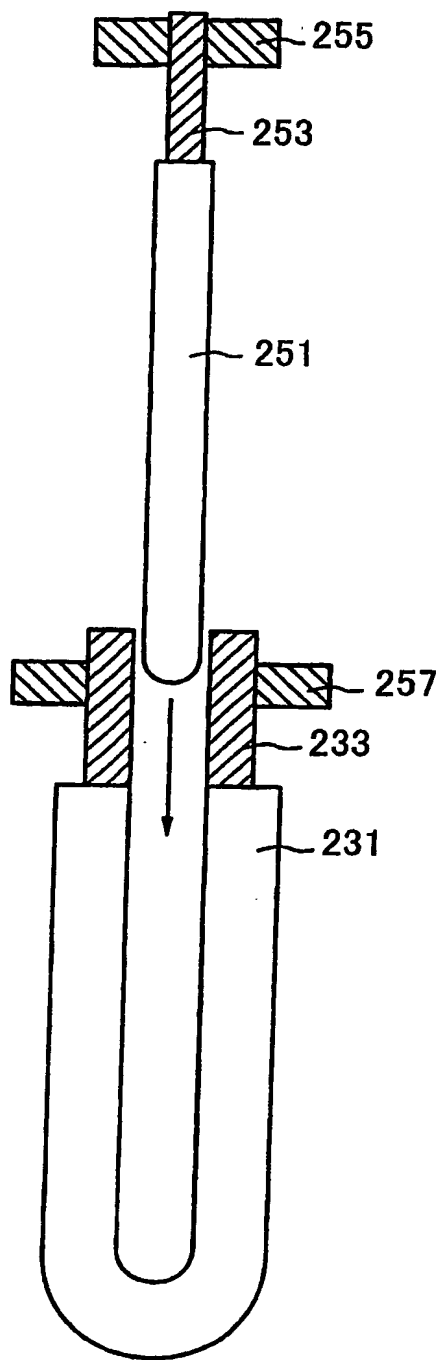


図16

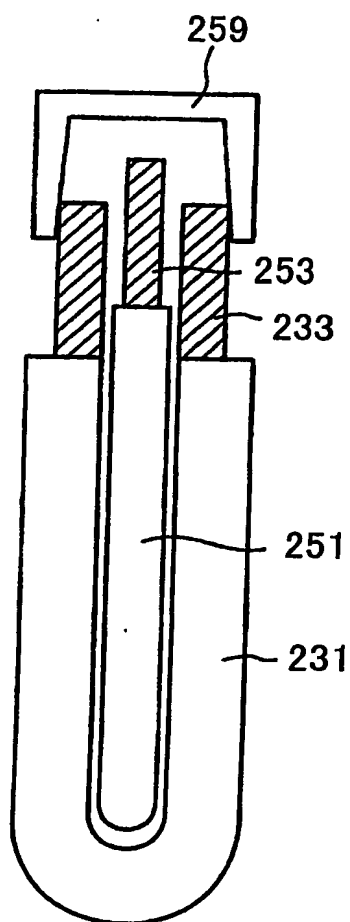


図17

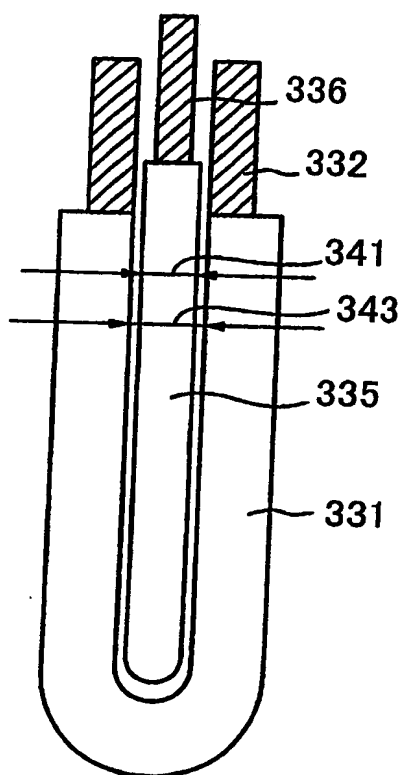


図18

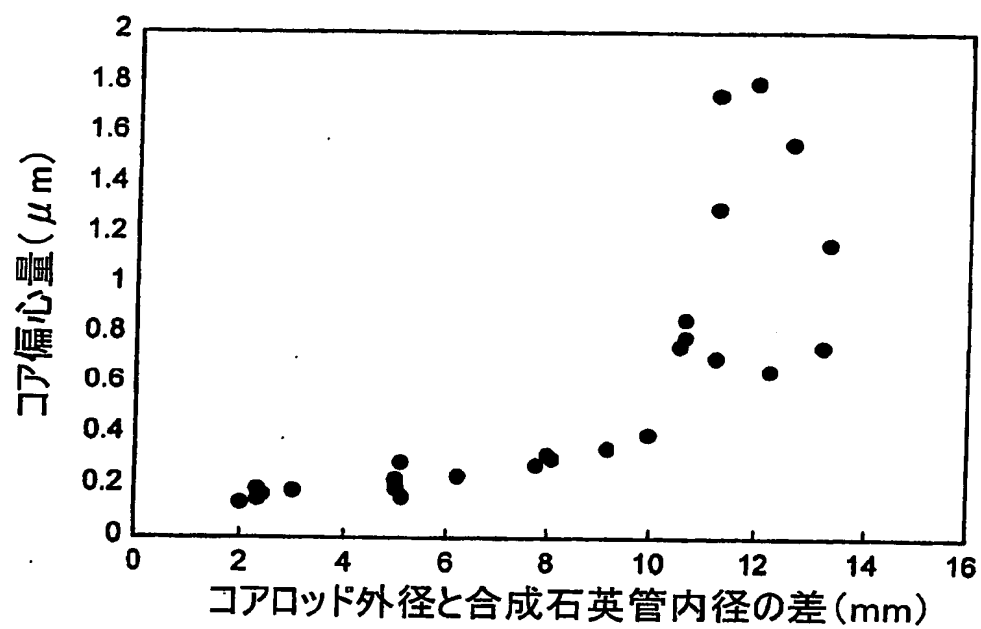


図 19

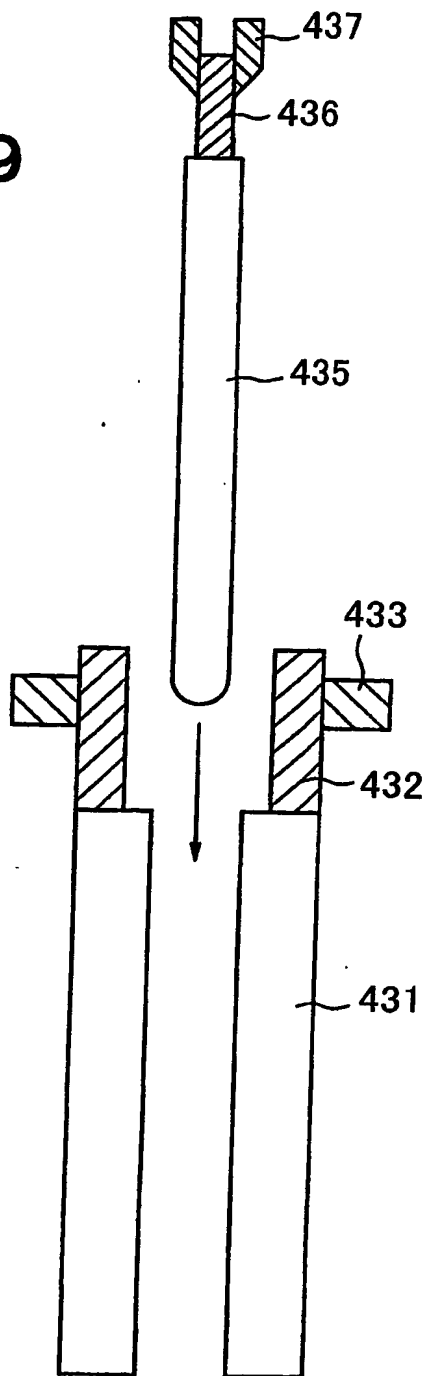


図20

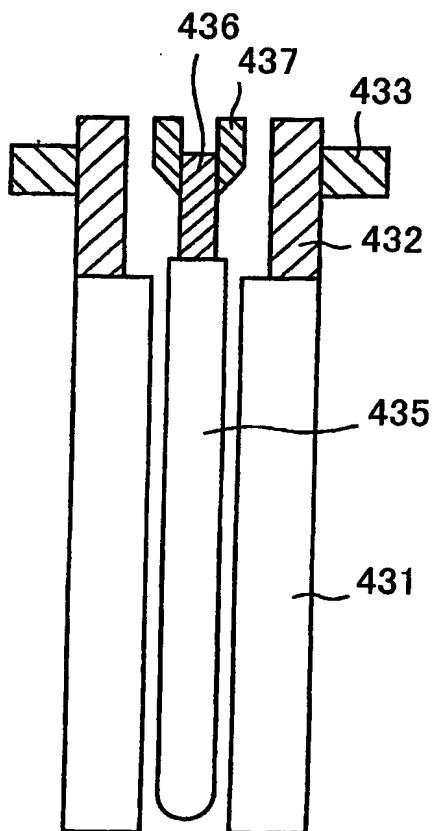


図21

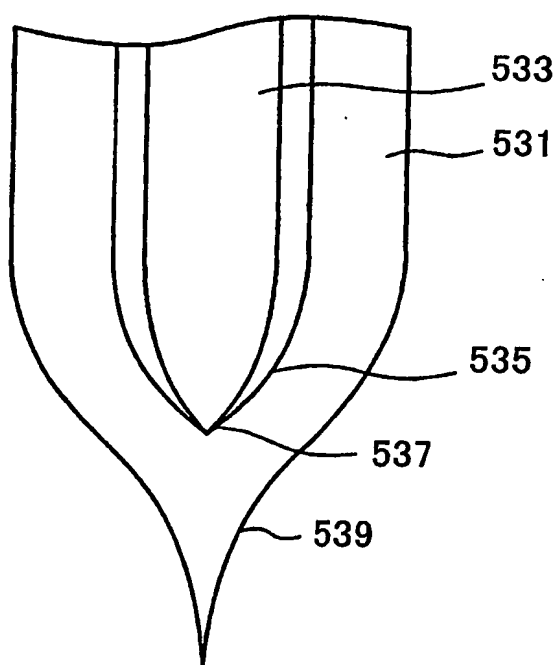


図22

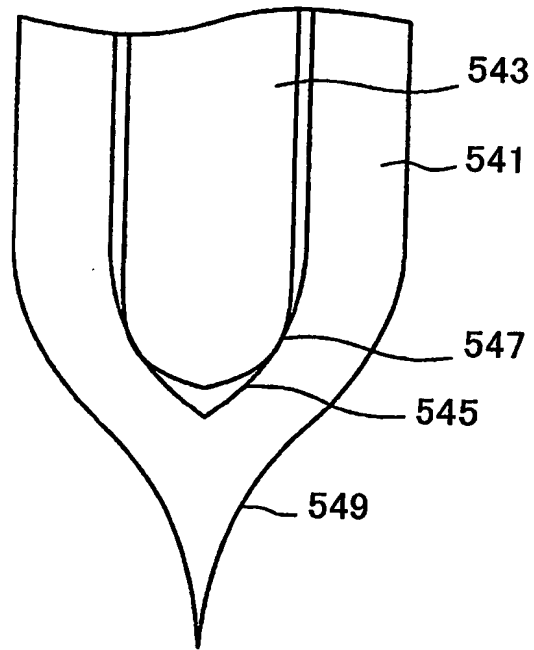


図23

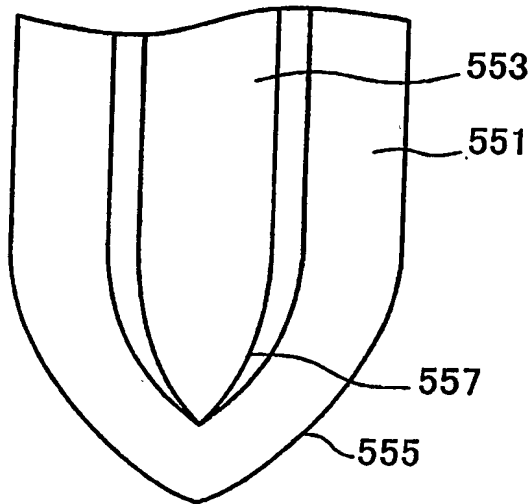


図24

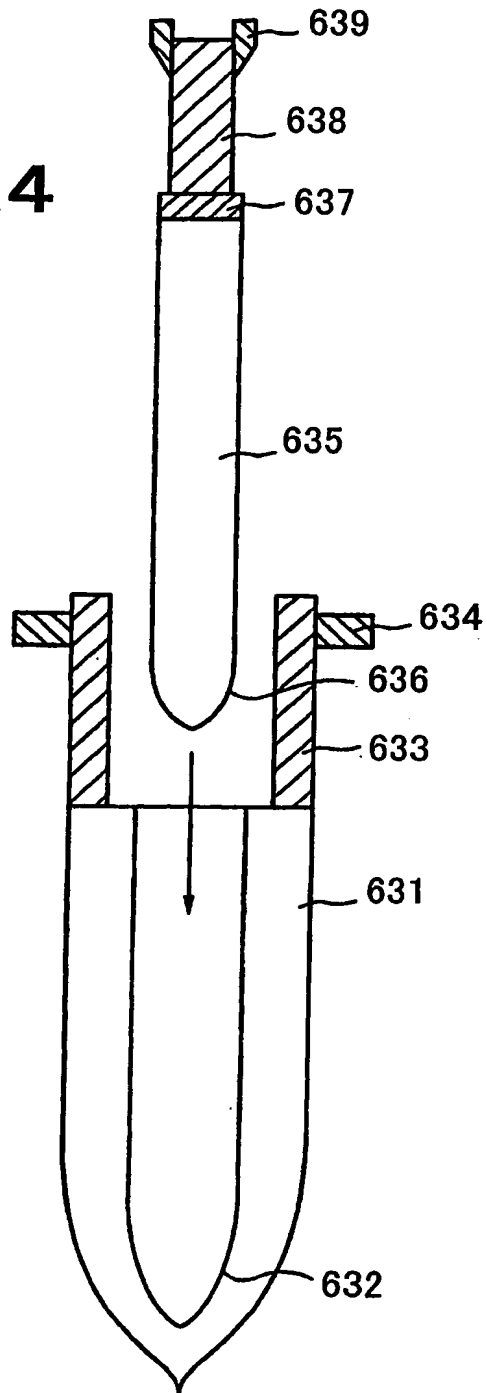


図25

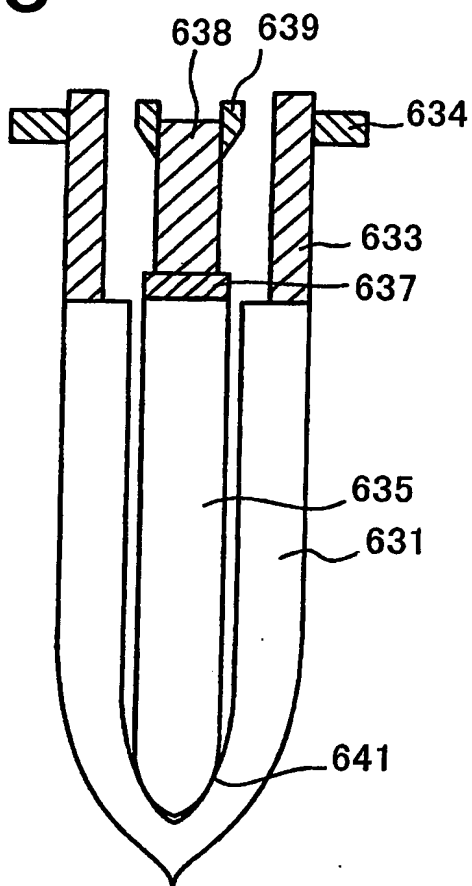


図26

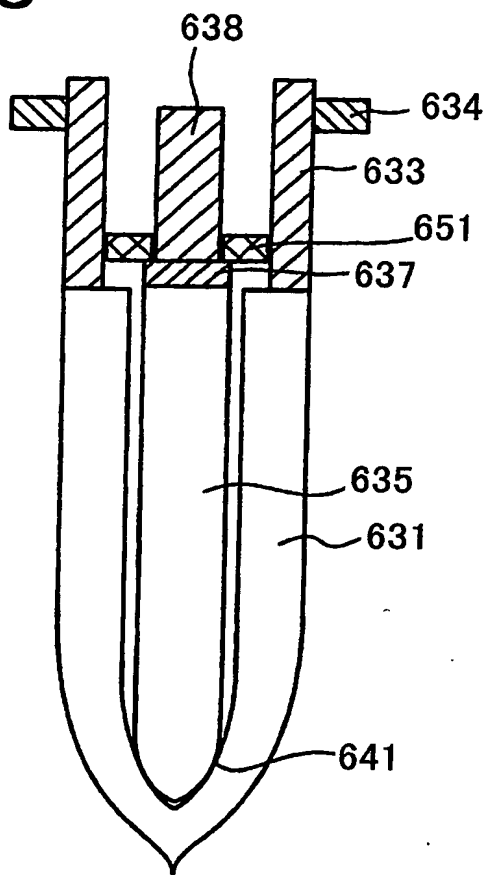


図27A

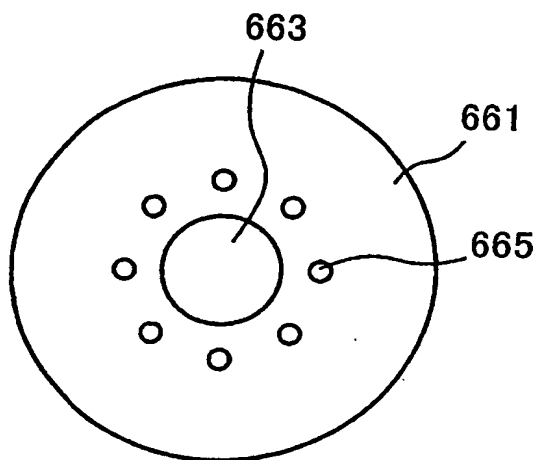


図27B

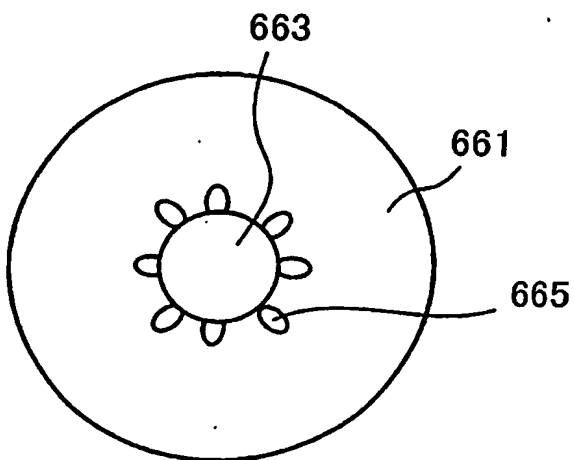


図28

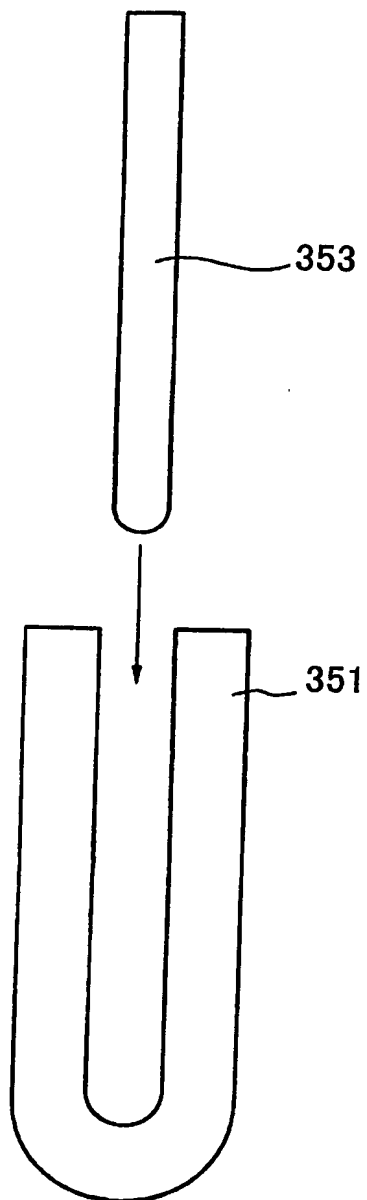
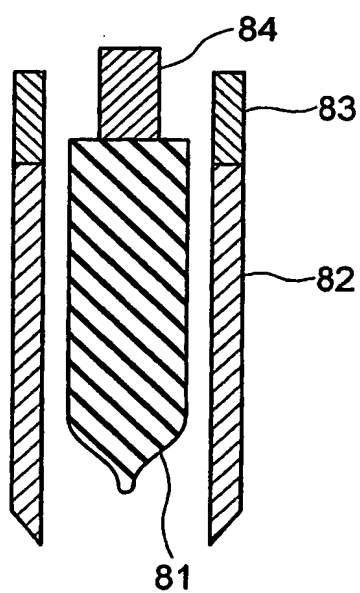


図29



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05760

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ C03B37/012, 37/027

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ C03B37/012, 37/027Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 2001-10837 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 16 January, 2001 (16.01.01), Claims; Fig. 1 (Family: none)	1 2-8, 33-34
X A	EP 598349 A2 (SHIN-ETSU QUARTZ PRODUCTS CO., LTD.), 25 May, 1994 (25.05.94), Claims; Page 8, lines 24 to 27; page 10, lines 2 to 16 & JP 7-109141 A Claims; Par. Nos. [0031], [0042], [0045] & US 5785729 A & WO 94/11317 A2	9, 13, 14 10, 11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 August, 2003 (12.08.03)Date of mailing of the international search report
26 August, 2003 (26.08.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05760

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-128559 A (SHIN-ETSU QUARTZ PRODUCTS CO., LTD.), 09 May, 2000 (09.05.00), Claims; Figs. 1, 2 & US 6484540 B1 & EP 1042241 A1	16-21
X Y A	JP 62-216933 A (Nippon Taiyo Kaitei Densen Kabushiki Kaisha), 24 September, 1987 (24.09.87), Claims; Figs. 1 to 6 (Family: none)	15,17 22,23,25,26, 28 16,24,27
X Y A	JP 57-118042 A (Showa Electric Wire & Cable Co., Ltd.), 22 July, 1982 (22.07.82), Claims; page 1, lower right column, lines 9 to 20; Figs. 1 to 4 (Family: none)	15,17 22,25,26,28 16,24,27
X Y A	JP 62-176934 A (Nippon Taiyo Kaitei Densen Kabushiki Kaisha), 03 August, 1987 (03.08.87), Claims; Figs. 1 to 5 (Family: none)	18,19,21 22,23,25,26, 28 20
Y A	JP 62-59546 A (Hitachi Cable, Ltd.), 16 March, 1987 (16.03.87), Fig. 1 (Family: none)	22,23,25,26, 28 24,27,29-32

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05760

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

A common matter pertaining to Claims 1-34 is that a glass body having a core is inserted into a glass tube constituting a clad portion, and the glass body is formed integrally with the glass tube by heating. However, this step is not novel since it is well known as a rod-in-tube method. Though there are such common matters that "a step for finishing the extraction side end part of the glass tube in a tapered shape" in Claims 1 and 33 and "a step for washing the outer surface of the glass tube" in Claims 9 and 12 among independent claims, there is no common matter in the other independent claims 15, 18, and 22.
(continued to extra sheet)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/05760

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

Accordingly, the number of inventions as set forth in the claims of this application is five.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl. C03B37/012, 37/027

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int.Cl. C03B37/012, 37/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2003年
日本国登録実用新案公報 1994-2003年
日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	JP 2001-10837 A(住友電気工業株式会社)2001.01.16, 特許請求の範囲, 【図1】 (ファミリーなし)	1 2-8, 33-34
X A	EP 598349 A2(SHIN-ETSU QUARTZ PRODUCTS CO., LTD.)1994.05.25, 特許請求の範囲, 第8頁第24-27行, 第10頁第2-16行, & JP 7-109141 A, 特許請求の範囲, 【0031】, 【0042】, 【0045】 & US 5785729 A & WO 94/11317 A2	9, 13, 14 10, 11, 12
A	JP 2000-128559 A(信越石英株式会社)2000.05.09, 特許請求の範囲, 【図1】, 【図2】 & US 6484540 B1 & EP 1042241 A1	16-21

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

12.08.03

国際調査報告の発送日

26.08.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

深草 祐一

4T

9537

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	JP 62-216933 A(日本大洋海底電線株式会社)1987. 09. 24, 特許請求の範囲, 第1図-第6図 (ファミリーなし)	15, 17 22, 23, 25, 26, 28 16, 24, 27
X Y A	JP 57-118042 A(昭和電線電纜株式会社)1982. 07. 22, 特許請求の範囲, 第1頁右下欄第9-20行, 第1図-第4図 (ファミリーなし)	15, 17 22, 25, 26, 28 16, 24, 27
X Y A	JP 62-176934 A(日本大洋海底電線株式会社)1987. 08. 03, 特許請求の範囲, 第1図-第5図 (ファミリーなし)	18, 19, 21 22, 23, 25, 26, 28 20
Y A	JP 62-59546 A(日立電線株式会社)1987. 03. 16, 第1図 (ファミリーなし)	22, 23, 25, 26, 28 24, 27, 29-32

第Ⅰ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅱ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

請求の範囲1-34に共通の事項は、コアを含むガラス体をクラッド部分を構成するガラス管に挿入し、前記ガラス体と前記ガラス管を加熱一体化することである。しかしながら、この工程は、ロッドインチューブ法として周知であり、新規な事項ではない。そして、独立項のうち、請求の範囲1及び33には「ガラス管の引き出し側側端部をテーパ形状に加工する工程」、請求の範囲9及び12には「ガラス管の外表面を洗浄する工程」という共通の事項が存在するが、その他の独立項である、請求の範囲15, 18, 22には互いに共通の事項が存在しない。したがって、この出願の請求の範囲に記載された発明の数は5である。

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。